

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra telekomunikační techniky

Možnost nasazení DVB/IP Streameru do GPON sítě

Possibility of Use of an DVB/IP Streamer in GPON Network

Zadání bakalářské práce

Student:

Lukáš Šustek

Studijní program:

B2647 Informační a komunikační technologie

Studijní obor:

2601R013 Telekomunikační technika

Téma:

Možnost nasazení DVB/IP Streameru do GPON sítě
Possibility of Use of an DVB / IP Streamer in GPON Network

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

Cílem práce studenta je seznámit se s pasivní optickou technologií na bázi GPON (Gigabit Passive Optical Network), dle doporučení ITU-T řady G.983.x a G.984.x a provést možnost nasazení DVB/IP Streameru. Nejdříve bude nutné se důkladně seznámit s možnostmi nastavení GPON sítě pro symetrický či asymetrický přenos dat. Následně pak student bude studovat možnosti nasazení IPTV do sítě. IPTV představuje zpracování a bezpečné poskytování video obsahu prostřednictvím datových sítí založených na IP protokolu. IPTV je definována jako multimediální služba realizovaná na datové síti s IP protokolem s poskytnutím úrovně kvality služeb (QoS) či prožitku (QoE).

1. Popište technologii GPON.
2. Zhotovte popis možnosti nastavení GPON sítě.
3. Proveďte nasazení technologie DVB/IP stream prostřednictvím GPON sítě.
4. Zhodnocení práce z konfigurace GPON a závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1]IKEDA, Hiroki, Jun SUGAWA, Yoshihiro ASHI a Kenichi SAKAMOTO. High-Definition IPTV Broadcasting Architecture Over Gigabit-Capable Passive Optical Network. In: IEEE GLOBECOM 2007-2007 IEEE Global Telecommunications Conference. IEEE, 2007, s. 2242-2246. DOI: 10.1109/GLOCOM.2007.428. ISBN 978-1-4244-1042-2.
- [2]CALE, Ivica, Aida SALIHOVIC a Matija IVEKOVIC. Gigabit Passive Optical Network - GPON. In: 2007 29th International Conference on Information Technology Interfaces. IEEE, 2007, s. 679-684. DOI: 10.1109/ITI.2007.4283853. ISBN 953-7138-09-7. ISSN 1330-1012.
- [3]ZHANG, Naiqian a Libiao JIN. Design of GPON for Digital Video Broadcast Signal Transmission. In: 2009 International Conference on Management and Service Science. IEEE, 2009, s. 1-3. DOI: 10.1109/ICMSS.2009.5305858. ISBN 978-1-4244-4638-4.
- [4]WANG, Jianping, Chunming QIAO, Yan LI a Kejie LU. On guaranteed VoD services in next generation optical access networks. IEEE Journal on Selected Areas in Communications. 2010, 28(6), 875-888. DOI: 10.1109/JSAC.2010.100812. ISSN 0733-8716.
- [5]VALENTI, A., A. RUFINI, S. POMPEI, F. MATERA, S. DI BARTOLO, C. DA PONTE, D. DEL

BUONO a G. TOSI BELEFFI. QoE and QoS comparison in an anycast digital television platform operating on passive optical network. In: 2012 15th International Telecommunications Network Strategy and Planning Symposium (NETWORKS). IEEE, 2012, s. 1-6. DOI: 10.1109/NETWKS.2012.6381710. ISBN 978-1-4673-1391-9.

[6]OUALI, Anis, Kin Fai POON, Beum-Seuk LEE a Kaltham Al ROMAITHI. Towards achieving practical GPON FTTH designs. In: 2015 IEEE 20th International Workshop on Computer Aided Modelling and Design of Communication Links and Networks (CAMAD). IEEE, 2015, s. 108-113. DOI: 10.1109/CAMAD.2015.7390490. ISBN 978-1-4673-8186-4.

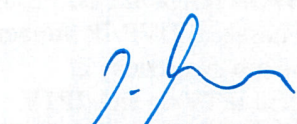
[7]ATTANASIO, V., S. BETTI, D. CARLEO, A. CHIARI, G. MARCONE, M. TABACCHIERA a F. ZANUCCOLI. An Experimental 4D Video Communication Platform. In: 18th Italian National Conference on Photonic Technologies (Fotonica 2016). Institution of Engineering and Technology, 2016, 24 (4). DOI: 10.1049/cp.2016.0884. ISBN 978-1-78561-268-8.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Látal, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2018

Datum odevzdání: 30.04.2019



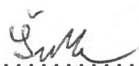
prof. Ing. Miroslav Vozňák, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.
děkan fakulty

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární
prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě 29. dubna 2019

.....


Souhlasím se zveřejněním této bakalářské práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských programech VŠB-TU Ostrava.

V Ostravě 29. dubna 2019

.....

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Janu Látalovi, Ph.D. za vedení celým průběhem práce, panu Jiřímu Štípalovi za spolupráci při tvorbě laboratorního prostředí a panu Ing. Zdeňku Wilčkovi za asistenci při tvorbě optické trasy.

Bakalářská práce byla vypracována v rámci projektu: „BroadbandLIGHT – ověřování možností využití technologií instalovaných na SMART polygonu veřejného osvětlení & Nové vláknově optické technologie pro komunikace a senzory“, reg. č.: SP2019/143 a SP2019/80 Specifického výzkumu financovaného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky.

Abstrakt

Tato bakalářská práce pojednává o technologii Gigabit Passive Optical Network, sloužící pro rychlý přenos dat v počítačových sítích. Začátek práce obsahuje popis základní teorie o technologii GPON. Následuje popis základních konfigurací GPON OLT ZTE ZX10 C320, jak už v příkazovém řádku zařízení, tak ve webovém rozhraní s názvem Ikarus. Nakonec je provedena praktická ukázka vytvoření sítě za použití GPON a následné nasazení multicast DVB/IP televize do této sítě. V práci je obsažen popis zapojení této sítě a kompletní konfigurace všech prvků v síti. Nakonec je provedeno krátké měření kvalit s trasou a bez trasy. Závěr práce obsahuje zhodnocení konfigurace GPON a následného měření.

Klíčová slova: PON, GPON, OLT, ONT, IPTV, DVB/IP, VLC, QoS, Přepínač, Multicast

Abstract

This bachelor thesis deals with the Gigabit Passive Optical Network technology for fast data transmission in computer networks. The beginning of the thesis contains a description of the basic theory of GPON technology. The following is a description of basic configurations of GPON OLT ZX10 ZTE C320, both in the CLI of the device and in a Web GUI called Ikarus. Finally, a practical example of creating a network using GPON and subsequent deployment of multicast DVB/IP television to the network. The thesis includes a description of the network connection and complete configuration of all network elements. Finally, there is a short measurement of the quality with and without the route. Conclusion of the thesis contains evaluation of GPON configuration and subsequent measurement.

Key Words: PON, GPON, OLT, ONT, IPTV, DVB/IP, VLC, QoS, Switch, Multicast

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů	10
Seznam obrázků	12
Seznam tabulek	14
Úvod	15
1 Popis technologie GPON	16
1.1 Základní prvky GPON	16
1.2 Fyzická přenosová rychlost, dosah a ztrátovost	17
1.3 GPON ITU-T G.984x Standardy	18
1.4 XGPON	19
1.5 Funkce GPON	19
1.6 Přenos dat v GPON	21
2 Možnosti nastavení GPON sítě	23
2.1 ZTE ZXA10 C320	23
2.2 Základní konfigurace ZTE ZXA10 C320 v CLI	25
2.3 Konfigurace GPON služeb ZTE ZXA10 C320 v CLI	29
2.4 Konfigurace ZTE ZXA10 C320 pomocí webového GUI Ikarus	39
3 Nasazení technologie DVB/IP stream prostřednictvím GPON sítě	49
3.1 Topologie zapojení	49
3.2 Konfigurace WiFi směrovače TP-Link	49
3.3 Konfigurace přepínače FOS-3126+	51
3.4 Konfigurace DVB/IP serveru	53
3.5 Konfigurace IPTV služby na OLT ZTE ZXA10 C320 a ONT ZTE za použití CLI i webového GUI Ikarus	56
3.6 Nastavení koncového PC	61
3.7 Měření QoS služby IPTV bez trasy	63
3.8 Měření QoS služby IPTV s trasou 7,2 km	70
4 Zhodnocení práce z konfigurace GPON a závěr.	74
Literatura	75

Seznam použitých zkratek a symbolů

ACL	– Access Control Lists
AES	– Advanced Encryption Standard
ARP	– Address Resolution Protocol
ATM	– Asynchronous Transfer Mode
BPON	– Broadband PON
CLI	– Command Line Interface
CMD	– Command Prompt
DBA	– Dynamic Bandwidth Allocation
DBRu	– Dynamic Bandwidth Report upstream
DF	– Delay Factor
DHCP	– Dynamic Host Configuration Protocol
DVB	– Digital Video Broadcasting
FEC	– Forward Error Correction
FTTB	– Fiber To The Building
FTTC	– Fiber To The Curb
FTTH	– Fiber To The Home
GEM	– GPON Encapsulation Method
GFP	– Generic Framing Procedure
GPON	– Gigabit Passive Optical Network
GUI	– Graphical User Interface
HDTV	– High-definition Television
HEC	– Header Error Correction
ICMP	– Internet Control Message Protocol
ICMPv6	– Internet Control Message Protocol version six
IEEE	– Institute of Electrical and Electronics Engineers
IGMP	– Internet Group Management Protocol
IP	– Internet Protocol
IPTV	– Internet Protocol Television
IPv4	– Internet Protocol version four
ITU-T	– Internacional Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector
L2	– Layer two
LACP	– Link Aggregation Control Protocol
LAN	– Local Area Network
MAC	– Media Access Control
MIB	– Management Information Base

MLD	– Multicast Listener Discovery
MSE	– Mean Square Error
ONT	– Optical Network Terminal
ONU	– Optical Network Unit
P2P	– Point to Point
PCBd	– Physical Control Block downstream
PCR	– Program Clock Reference
PLI	– Payload Length Indicator
PLOAMu	– Physical Layer Operations, Administration and Management upstream
PLOu	– Physical Layer Overhead
PLSu	– Power Leveling Sequence upstream
PMD	– Physical Media Dependent
PON	– Passive Optical Network
PPPoE	– Point to Point Protocol over Ethernet
PSNR	– Peak Signal-to-Noise Ratio
PTI	– Payload Type Indicator
QoE	– Quality of Experience
QoS	– Quality of Service
RMON	– Remote Network Monitoring
SIP	– Session Initiation Protocol
SNMP	– Simple Network Management Protocol
SSIM	– Structural Similarity Index
STP	– Spanning Tree Protocol
T-CONT	– Transmission Container
TCP	– Transmission Control Protocol
TDMA	– Time Division Multiple Access
UDP	– User Datagram Protocol
VLAN	– Virtual LAN
VoIP	– Voice over IP
WDM	– Wavelength Division Multiplexing

Seznam obrázků

1	GPON topologie [4]	17
2	GEM hlavička [6]	22
3	Regál [11]	23
4	Ikarus menu	39
5	Konfigurace OLT	40
6	Konfigurace uplink rozhraní	40
7	Konfigurace OLT rozhraní	41
8	Lišta pro vytvoření a mazání profilů	41
9	Vytvoření nového rychlostního profilu	42
10	Vytvoření nového T-CONT profilu	42
11	Správa VLAN	43
12	Správa ONT	43
13	OLT rozhraní 1	44
14	Box pro zobrazení parametrů	44
15	Smazání ONT	44
16	Přidání nové služby na ONT	45
17	Zobrazení grafů provozu a výkonových úrovní	45
18	Zobrazení MAC adres připojených k ONT	45
19	Zobrazení vytížených rozhraní a celkové vytížení ONT	45
20	Vypnutí ONT	45
21	Restartování ONT	46
22	Restartování konfigurace ONT	46
23	Karta diagnostiky ONT	46
24	Znovu načtení konfigurace ONT	46
25	Logy	46
26	Nová služba	47
27	Mód IP adres	47
28	Trunk linka na ONT	48
29	Topologie zapojení	49
30	LAN IP adresa na TP-Link	50
31	Nastavení DHCP na TP-Link	50
32	PON rozhraní na přepínači	51
33	Vytvoření VLAN 300 na přepínači	51
34	Zapnutí VLAN Aware na přepínači	52
35	Přiřazení IGMP na přepínači	52
36	Zapnutí IGMP Snooping na přepínači	53
37	Ifconfig na DVP/IP streameru	53

38	Nano stream-1-dvbt	54
39	Soubor stream-1-dvbt	54
40	Soubor dvbt-1.conf	55
41	Soubor dvbt-2.conf	55
42	Soubor dvbt-3.conf	56
43	Telnet do ONT pomocí Putty	56
44	Funkční uplink rozhraní	58
45	Výběr OLT	58
46	Výběr registrovaného ONT	59
47	Výběr nové služby IPTV	59
48	Plně nakonfigurované ONT	60
49	Nastavení DHCP na PC	61
50	Kontrola správně přiřazené IP adresy na PC	61
51	Média VLC	62
52	Nastavení síťového proudu ve VLC	62
53	Streamovaná ČT1	63
54	Topologie zapojení s EXFO AXS-200/625	64
55	Sestupné rychlosti bez trasy	65
56	IP jitter bez trasy	65
57	Ztrátovost paketů bez trasy	65
58	PCR Jitter bez trasy	66
59	Hodnoty DF bez trasy	66
60	Topologie zapojení	67
61	Konfigurace proudu VLC serveru	68
62	Nastavení cíle VLC serveru	68
63	Výběr multicast adresy a vysílacího portu VLC serveru	69
64	MSU Video Quality Measurement Tool	69
65	Vlevo: Hodnoty SSIM bez trasy Vpravo: Hodnoty PSNR bez trasy	70
66	Vlevo: Originál Page18-movie-4.mp4 Vpravo: Nahraný stream Page18-movie-4.mp4	70
67	Sestupné rychlosti s trasou	71
68	IP jitter s trasou	71
69	Ztrátovost paketů s trasou	71
70	PCR Jitter s trasou	72
71	Hodnoty DF s trasou	72
72	Vlevo: Hodnoty SSIM s trasou Vpravo: Hodnoty PSNR s trasou	73
73	Vlevo: Originál P6090053.mkv Vpravo: Nahraný stream P6090053.mkv	73

Seznam tabulek

1	Tabulka přenosových rychlostí GPON [2]	18
2	Popis Regálu [11]	23
3	Tabulka použitých videí	67

Úvod

V dnešní době je kladen největší důraz na náklady a spotřebu přístupových sítí za cenu co nejmenšího snížení přenosových rychlostí, poněvadž jsou nasazovány služby jako HDTV (High-definition Television), VOIP (Voice over IP) a datové služby, které jsou náročné na šířku pásma. Proto jsou momentálně značně používány optické přenosy nejen na páteřní síť, ale také nejbližší ke koncovým uživatelům. Nejméně nákladné se v tomto ohledu projeví pasivní optické síť, které poskytují do budoucna lepší podmínky než klasické metalické síť.

Tato bakalářská práce je zaměřena na technologii Gigabit Passive Optical Network. V první části práce bude teoreticky popsána funkce oné zmíněné technologie. V druhé části bude popsáno zařízení ZTE ZXA10 C320 a vytvoření návodu prvotní konfigurace tohoto zařízení, a také návod pro nasazení služeb, jak při použití příkazového řádku, tak při použití webového grafického rozhraní Ikarus. V praktické části bude provedeno a popsáno kompletní zapojení a konfigurace GPON (Gigabit Passive Optical Network) síť se ZTE ZXA10 C320 a nasazení DVB/IP streameru, jenž poskytuje službu IPTV (Internet Protocol Television). Finální část práce bude zaměřena na změření kvalit služby IPTV pomocí měřicího přístroje AXS-200/625 a programu MSU Video Quality Measurement Tool.

1 Popis technologie GPON

GPON je evoluce BPON (Broadband Passive Optical Network) standardu, standardizovaná u ITU-T (Internacional Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector), konkrétně sérií ITU-T G.984x a ITU-T G.983.1. Jedná se o point-to-multipoint technologii podporující vyšší rychlosti, větší bezpečnost a má na výběr více enkapsulačních módů pro data. [1] Používá dva typy enkapsulace ATM (Asynchronous Transfer Mode) nebo GEM (GPON Encapsulation Method), nicméně nejpoužívanější je GEM. GEM podporuje nativní transport hlasu, videa a dat bez přidání ATM a IP enkapsulační vrstvy. Největší výhodou GPON je adaptační vrstva založená na GFP (Generic Framing Procedure), která je schopna podporovat jakoukoliv službu, ať už paketově (Ethernet), nebo obvodově založenou. [2]

1.1 Základní prvky GPON

1.1.1 ODN - Optical Distribution Network

OSP (Outside Plant) zahrnující pasivní součástky, nebo-li fyzické vlákno a optické rozbočovače, které rozdělují jeden optický vstup na více oddělených výstupních vedoucích k odběratelům (point-to-multipoint). [1] [3]

1.1.2 OLT - Optical Line Terminal

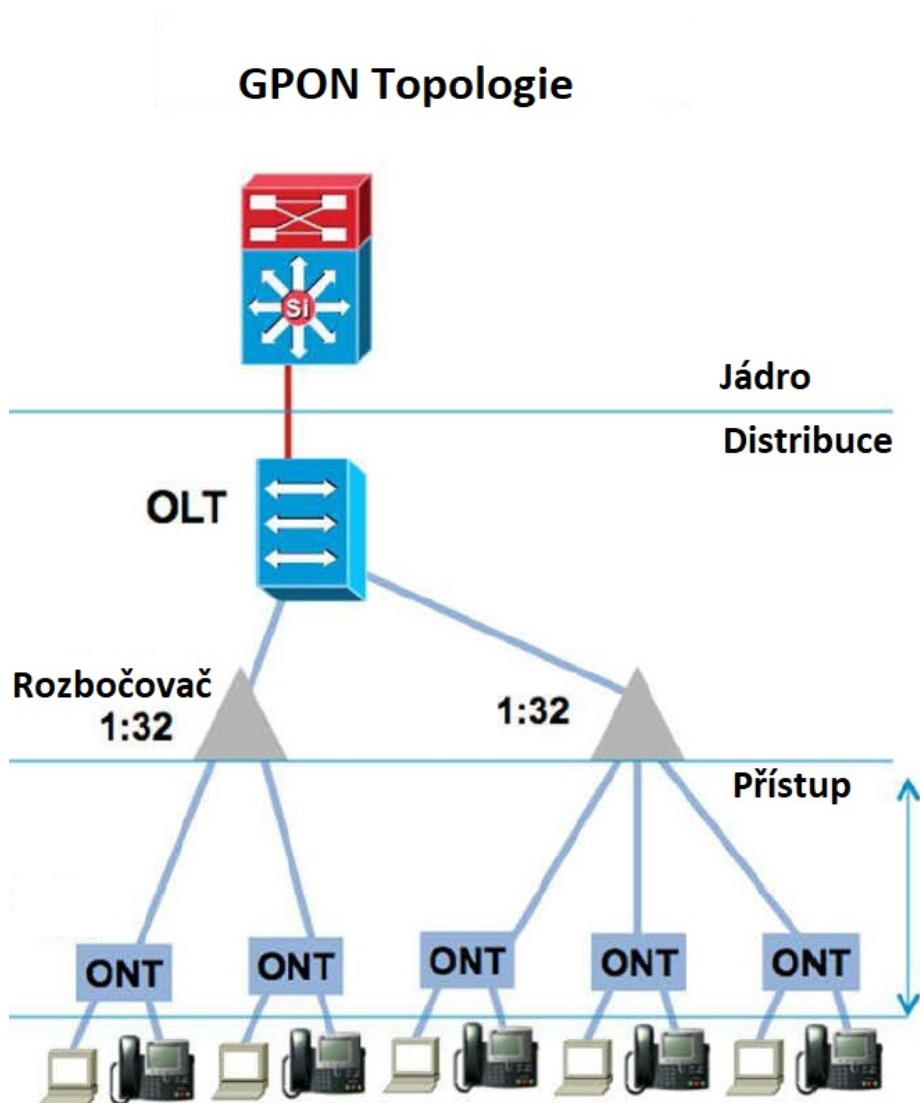
Aktivní prvek, který spravuje provoz, tak aby zajistil šířku pásma a prioritu pro specifické služby. Ovládá také sestupný a vzestupný provoz. OLT je napojeno na páteřní síť a jeho výstup dovnitř GPON sítě, vede přes optické rozbočovače do několika dalších ONT (Optical Network Terminal). Tento hlavní prvek převádí také všechny optické signály, které jsou multiplexovány do jednoho paprsku, na elektrické signály přenášející se po páteřní síti jakožto ethernet pakety. Typické OLT podporuje okolo 72 optických portů. Jeden optický port podporuje následně 32 připojených ONT, přičemž literární prameny zmiňují podporu 128 ONT na jeden optický port. [1] [3] [4]

1.1.3 ONT - Optical Network Terminal

U EPON, nazýváno ONU (Optical Network Unit). Jedná se o ukončení optického vlákna v zařízení na straně zákazníka. ONT připojuje koncová zařízení do GPON sítě a převádí optické signály na elektrické. Zakončení může být provedeno formou FTTC (Fiber To The Curb), kdy je optické vlákno zakončeno v rozvaděči u chodníku. Dále existuje forma FTTB (Fiber To The Business), kde optické vlákno končí v budově, většinou nějaké firmy. Poslední nejnákladnější forma se nazývá FTTH (Fiber To The Home), optické vlákno zde končí přímo v domě uživatele. [3] [4]

1.1.4 Topologie GPON

V klasické topologii zapojení GPON je koncové zařízení zákazníka připojené do ONT. ONT následně vede přes optický rozbočovač, nejčastěji s poměrem 1:32, do kterého zmíněným jedním vstupním portem je připojeno OLT. OLT nakonec nejčastěji bývá připojené do jádrového přepínače na páteřní síti, kde se nachází všechny služby. [4]



Obrázek 1: GPON topologie [4]

1.2 Fyzická přenosová rychlost, dosah a ztrátovost

GPON má definována několik přenosových rychlostí pro sestupný a vzestupný směr viz tabulka 1, ačkoliv poskytovateli nejpoužívanější je 2,48832 Gb/s ve směru sestupném a 1,24416 Gb/s ve směru vzestupném. [2]

Tabulka 1: Tabulka přenosových rychlostí GPON [2]

Směr přenosu	Přenosová Rychlost
Sestupný směr	2,48832 Gb/s
	1,24416 Gb/s
Vzestupný směr	2,48832 Gb/s
	1,24416 Gb/s
	622,08 Mb/s
	155,52 Mb/s

Fyzický dosah u technologie GPON sahá až k logickým 60 km a fyzickým 20 km. Útlum optického vlákna odpovídá 0,5 dB na kilometr, takže při délce vlákna 20 km počítáme s 10 dB. Dále je použit optický rozbočovač s útlumem více než 15 dB. Celkový útlum se tedy pohybuje okolo 28 dB, jedná se o třídu B+.

1.3 GPON ITU-T G.984x Standardy

1.3.1 G.984.1

Standard ITU-T G.984.1 popisuje flexibilní optickou přístupovou síť schopnou podporovat požadavky na šířky pásma od obchodních a rezidenčních služeb. Pojednává o systémech s rychlostmi linek 2,4 Gbit/s v sestupném směru a 1,2 Gbit/s nebo 2,4 Gbit/s ve vzestupném směru. Popisuje, jak symetrické, tak asymetrické (vzestupný/sestupný směr) pasivní optické linky schopné gigabitových rychlostí (GPON). Tento standard popisuje obecné charakteristiky na základě požadavků provozovatelů služeb. [7]

1.3.2 G.984.2

Standard ITU-T G.984.2 je opět popis optických sítí, který rozšiřuje předešlý standard, ale s rychlostmi 1244,160 Mbit/s a 2488,320 Mbit/s v sestupném směru a 155,520 Mbit/s, 622,080 Mbit/s, 1244,160 Mbit/s nebo 2488,320 Mbit/s ve směru vzestupném. Popisuje požadavky fyzické vrstvy a specifikace pro PMD (Physical Media Dependent) vrstvu, která poskytuje možnost přenosu různých služeb mezi rozhraním uživatel-síť a rozhraním služby. [8]

1.3.3 G.984.3

ITU-T G.984.3 je popisem přenosové konvergenční vrstvy GPON sítí, schopných poskytovat širokopásmové a úzkopásmové služby, operujících na rychlostech 2,48832 Gbit/s v sestupném směru a 1,24416 nebo 2,48832 Gbit/s ve vzestupném směru. [9]

Tento standard specifikuje [9]:

- vzestupný TDMA (Time Division Multiple Access) mechanismus;
- operace na fyzické vrstvě, kanál pro zprávy z administrace a údržby

- principy a signalizační mechanismus dynamického přidělení šířky pásma v vzestupném směru
- aktivací metoda ONU
- FEC (Forward Error Correction)
- zabezpečení

1.3.4 G.984.4

Standard ITU-T G.984.4 poskytuje správu ONT a kontrolního rozhraní (ONT Management and Control Interface OMCI) pro GPON systémy definované v ITU-T G.984.2 a G.984.3 standardech. Dále specifikuje spravované entity MIB (Protocol-independent Management Information Base), které představují výměnu informací mezi OLT a ONT.

Navíc se tato revize snaží odstranit všechny odkazy na volitelnou možnost přenosu v GPON. Jedná se o ATM, které všechny moderní systémy nadále nepodporují. [10]

1.4 XGPON

Nástupce GPON představuje technologie 10GPON, která je popsána standardem ITU-TG.987. Tato technologie byla vydána v říjnu roku 2010. 10GPON není zpětně kompatibilní s GPON, nicméně koexistují spolu na základě WDM (Wavelength Division Multiplexing). Podporuje přenosové rychlosti 9,953 Gbps v sestupném směru a 2,488 Gbps ve směru opačném. Jelikož je GPON relativně snadně rozšiřitelná technologie, je možné vynalézt i 100GPON sítě. Proto se nejčastěji u GPON vyskytuje označení XGPON. [1]

1.5 Funkce GPON

1.5.1 Princip přenosu a jeho zabezpečení

V sestupném směru OLT šíří provoz broadcastem na všechny ONT, které mají přidělený čas, po který si data mohou ponechat a následně je zahodit. Vzestupný směr naopak funguje na principu point-to-point, provoz tedy běží pouze po jedné lince a dělá ho tímto nemožným pro odposlouchávání. Vzestupný směr může přenášet provoz jako čistý text bez jakéhokoliv šifrování. Naopak při sestupném provozu může útočník upravit své ONT, aby zachytával všechny provoz. Toto je ošetřeno šifrováním AES (Advanced Encryption Standard), jež je povinné pro každé ONT. Každé ONT je schopné rozšifrovat pouze provoz určený pro něj. [2] [3]

1.5.2 Provozní vlnové délky

GPON používá technologii WDM, která multiplexuje více optických signálů v jednom vlákně, takže jedno vlákno může být použito pro sestupný i vzestupný provoz. Vlnové délky nemohou

být pro oba směry stejné. Provozní vlnová délka pro GPON činí 1480 až 1500 nm v sestupném směru a pro vzestupný směr používá vlnovou délku v rozmezí 1260 až 1360 nm. Pro sestupnou distribuci RF videa lze navíc použít vlnovou délku 1550 až 1560 nm. [2] [5]

1.5.3 Forward Error Correction (FEC)

FEC je aritmetická metoda zpracovávající signál, který šifruje data, tak aby mohly být chyby snadno identifikovány a opraveny. Tato metoda informace zveřejňuje společně s unikátními informacemi, aby docílila menší duplicitě informací. Nepřináší tedy příliš velké režijní náklady a zvyšuje rozpočet linky o přibližně 3 až 4 dB. To znamená, že vzdálenost OLT od ONT může být větší, s vyšší přenosovou rychlostí a použitím více rozbočení v rámci jednoho PON stromu. [2] [3]

1.5.4 Přenosové kontejnery

Ve vzestupném směru, šířka pásma použita individuálním ONT nezáleží pouze na druhu provozu dotyčného ONT, ale také na druhu provozu ostatních ONT v síti. Jelikož je přenosové médium sdílené všemi ONT, jakýkoliv samovolně zahájený provoz od každého ONT ve vzestupném směru, by mohl vést ke kolizi a nucenému znovuposlání dat, způsobující snížení výkonu. Proto toto sdílené médium je vytvořené, tak aby se chovalo jako několik point-to-point spojení mezi OLT a ONT, použitím TDMA. Centrálním prvkem je v tomto případě OLT, jež je informováno o požadované šířce pásma pro každý ONT. OLT přiděluje přístup k přenosovému médium vytvořením fixního slotu s ohledem na sestupný rámec. Pro vzestupný provoz se rámec rozděluje do různých kontejnerů. [2]

Přenosové kontejnery (Transmission Containers T-CONT) se používají ke správě přidělování šířky pásma vzestupného provozu v rámci GPON. Převážně tedy k vylepšení zmíněné šířky pásma a umožňuje použití kvality služby (QoS). Existuje 5 typů přenosových kontejnerů. T-CONT 1 má na starosti zajištění konstantní šířky pásma pro aplikace, fungující v reálném čase. Příkladem může být VoIP. T-CONT 2 zajišťuje alokaci šířky pásma pro aplikace neběžící v reálném čase. T-CONT 3 je směs minimální a negarantované šířky pásma. T-CONT 4 je dynamicky alokovaný bez jakékoliv garantované šířky pásma a T-CONT 5 je směs všech kategorií služeb. [5]

1.5.5 Dynamická alokace šířky pásma

Dynamická alokace šířky pásma (Dynamic Bandwidth Allocation DBA) je technika, která umožňuje přidělení šířky pásma uživateli, na základě momentálních provozních potřeb. DBA spravuje OLT, které alokuje objem šířky pásma pro ONT. Tato metoda může být použita pouze ve vzestupném směru, v sestupném směru je provoz přenášen broadcastem. OLT distribuuje provoz na základě zpráv od ONT. ONT musí posílat status svého T-CONT. Ten říká, kolik paketů čeká ve frontě vyrovnávací paměti. Podle toho OLT může určit prioritu provozu daného ONT. Jakmile

se vyrovnávací paměť vyprázdní, ONT pošle OLT takzvanou prázdnou buňku, čímž dovolí OLT zvýšit prioritu jiným ONT. [2]

1.6 Přenos dat v GPON

Pro koordinaci provozu je potřeba protokol MAC (Media Access Control). Tento protokol například zabráňuje kolizím v provozu mezi jednotlivými ONT. Pro enkapsulaci dat je použita metoda GEM, založená na mírně upravené verzi standardu ITU-T G.7041. [3]

1.6.1 Sestupný GPON Rámec

V sestupném provozu OLT multiplexují GEM rámce do přenosového média značkováním pomocí GEM Port ID, rozdělující GEM rámce do různých logických konexí. ONT následně filtrují sestupné GEM rámce na základě GEM Port ID a zpracují pouze ty rámce, které danému ONT patří. [6] Ostatní po určitém čase zahodí.

GPON rámce mají různé velikosti s různými přenosovými rychlostmi. Při vyšších přenosových rychlostech se přenáší také větší rámce.

Sestupný rámec se skládá z hlavičky nazývané se PCBd (Physical Control Block downstream), jejíž rozsah je stejný pro obě rychlosti a závisí na počtu alokovaných struktur pro jeden rámec. Dále následuje payload sekce, obsahující přenášená data. Payload sekce má ATM a GEM segmenty.

Sestupné rámce také poskytují časovou referenci pro optickou síť a řídicí signalizaci pro vzestupný provoz. I když nejsou přenášené žádná data, sestupné rámce se stále přenáší za účelem synchronizace času. [3]

1.6.2 Vzestupný GPON Rámec

Vzestupný provoz používá TDMA. OLT určuje šířku pásma vzestupné toku každého ONT. Každé ONT má přiřazené variabilní časové sloty pro synchronizaci jejich datových toků. Šířky pásma se alokují entitám, nesoucí provoz. Tyto entity se identifikují pomocí jejich alokačních ID. Entity mají šířky pásma časově multiplexované v rámci BW Maps (Bandwidth Maps), které se přenáší v sestupném směru. Při každé alokaci šířky pásma ONT používá GEM Port-ID, jakožto klíč pro identifikaci GEM rámců, patřících do různých vzestupných logických konexí. [3]

Velikost vzestupného rámce je stejná jako u sestupného rámce. Sestupný rámec má ve svém PCBd část s názvem BW Map, ve kterém je ukazatel, poslaný OLT. Tento ukazatel značí čas, po který každé ONT může začít a skončit vysílat, tak aby pouze jedno ONT mohlo vysílat do přístupového média v jeden čas. Vzestupný rámec se skládá z několika přenosových impulzů. Impulzy se skládají z PLOu (Physical Layer Overhead). Kromě payload sekce ještě může obsahovat PLOAMu (Physical Layer Operations, Administration and Management upstream), PLSu (Power Leveling Sequence upstream) a DBRu (Dynamic Bandwidth Report upstream) sekce.

Během každé alokační periody, ONT může poslat jeden až čtyři PON režijní náklady, nebo uživatelská data. [2]

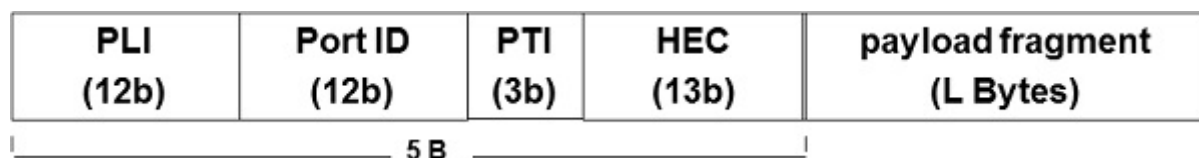
1.6.3 GEM

Jedná se o schéma přenosu dat ve specifikované konvergenční vrstvě přenosu GPON. GEM poskytuje spojově orientovaný mechanismus enkapsulace dat na rámce s proměnou délkou, pro přenos datových služeb přes PON. Je navržena tak, aby byla nezávislá na typu rozhraní v OLT a taky na typu rozhraní ONT.

GEM rámec má, na rozdíl od ATM, libovolnou délku. V GEM segmentu v payload části GPON rámce, může být libovolný počet GEM rámců. ONT přijímají GEM rámce na základě 12-ti bitového Port-ID v GEM hlavičce.

GEM je podobná ATM. Má hlavičku s konstantní velikostí, ale díky proměnné velikosti GEM rámců, snižuje režijní náklady. Tato metoda podporuje všechny typy paketů, fragmentaci a jejich opětovné sestavení.

GEM hlavička se skládá z délky payloadu v bajtech (Payload Length Indicator PLI), Port ID identifikující cílové ONT, indikátor typu payloadu (Payload Type Indicator PTI) a korekci chyb hlavičky (Header Error Correction HEC). [6]



Obrázek 2: GEM hlavička [6]

2 Možnosti nastavení GPON sítě

2.1 ZTE ZXA10 C320

ZXA10 C320 je multi-servisní optický přístupový systém, podporující GPON, EPON, P2P (Point to Point), a jednoduchý přechod na NG-PON1, WDM-PON, nebo TWDM-PON. Jedná se o OLT zařízení, které poskytuje rozmanité síťové služby, obsahující také FTTH, FTTB a FTTC. [11]

2.1.1 Hardware

Hardware ZXA10 C320 je složen z chladicí jednotky a několika druhů karet rozhraní. Tyto karty mohou obsahovat například PON, P2P, přepínací a kontrolní rozhraní. [11]



Obrázek 3: Regál [11]

Tabulka 2: Popis Regálu [11]

Chladicí jednotka	PON karta / P2P karta	
	PON karta / P2P karta	
	Přepínací a kontrolní karta	Přepínací a kontrolní karta

2.1.2 Funkce

Konfigurace zařízení je možná skrze CLI, nebo pomocí SNMP (Simple Network Management Protocol).

Podporované L2 přepínací protokoly [11]:

- STP (Spanning Tree Protocol)
- LACP (Link Aggregation Control Protocol)
- IGMP (Internet Group Management Protocol) snooping (v1/v2/v3)
- MLD (Multicast Listener Discovery) snooping
- MAC address management
- VLAN (Virtual LAN) management

- IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) 802.1p priority management
- IEEE 802.3x flow control

Podporované L3/L4 protokoly [11]:

- TCP (Transmission Control Protocol)
- UDP (User Datagram Protocol)
- ARP (Address Resolution Protocol)
- IP (Internet Protocol)
- IPv4/IPv6 (Internet Protocol version 4/Internet Protocol version 6)
- ICMP/ICMPv6 (Internet Control Message Protocol/Internet Control Message Protocol version six)
- Směrovací protokoly - statické směrování, Border Gateway Protocol)
- Route management
- Access Control Lists (ACL)

Podporované databázové systémy [11]:

- MAC address list
- VLAN data
- RMON (Remote Network Monitoring) MIB data

Podporované služby [11]:

- IP address binding/filtering
- MAC address binding/filtering
- Port mirroring
- Traffic flow control
- Broadcast suppression
- Port status management
- Port bandwidth limit
- Port priority control

- User log management
- MAC address aging management
- User port loop-back test
- Ping test

Podporované xPON služby [11]:

- GPON
- EPON
- QoS (Quality of Service)
- Security - Šifrování dat pomocí AES-128 v sestupném směru
- Multicast - Možnost nasazení IPTV a dalších multicast služeb
- VOIP - Možnost provozu IP telefonie
- ONU Remote Management - Zařízení je schopné konfigurovat své připojené ONT vzdáleně

2.2 Základní konfigurace ZTE ZXA10 C320 v CLI

2.2.1 Fyzická konfigurace

Při uvedení zařízení do provozu je nutné přidat stojan(rack) a policičku(shelf). [12]

Přidání stojanu

1. Vstoupení do globálního konfiguračního režimu

```
GPON_VSB#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CTRL/Z.
GPON_VSB(config)#
```

2. Přidání stojanu číslo 1 typu C320Rack

```
GPON_VSB(config)#add-rack rackno 1 racktype C320Rack
```

3. Ověření konfigurace

```
GPON_VSB(config)#show rack
```

Rack	RackType	SupShelfNum	CfgShelfNum
------	----------	-------------	-------------

1	C320Rack	1	1
---	----------	---	---

Přidání poličky

1. Přidání poličky číslo 1 typu C320 SHELF

```
GPON_VSB(config)#add-shelf shelfno 1 shelftype C320_SHELF
```

2. Ověření konfigurace

```
GPON_VSB(config)#show shelf
```

Rack	Shelf	ShelfType	ConnectId	CleiCode	Serial-Number
------	-------	-----------	-----------	----------	---------------

-

1	1	C320_SHELF	0	UnKnowCleiCode	282748700253
---	---	------------	---	----------------	--------------

3. Po přidání poličky se automaticky vytvoří dvě přepínací a kontrolní karty:

```
GPON_VSB(config)#show card
```

Rack	Shelf	Slot	CfgType	RealType	Port	HardVer	SoftVer	Status
------	-------	------	---------	----------	------	---------	---------	--------

1	1	3	PRAM	PRAM	3		V1.01	INSERVICE
---	---	---	------	------	---	--	-------	-----------

1	1	4	SMXA	SMXA	3	110702	V1.2.5P3	INSERVICE
---	---	---	------	------	---	--------	----------	-----------

Přidání karty(card), smazání karty a restart karty

Před výměnou karet je nutné nejdřív dotyčnou kartu smazat. [12]

1. Přidání karty typu GTGO do slotu 1

```
GPON_VSB(config)#add-card slotno 1 GTGO
```

2. Ověření konfigurace

```
GPON_VSB(config)#show card
```

Rack	Shelf	Slot	CfgType	RealType	Port	HardVer	SoftVer	Status
------	-------	------	---------	----------	------	---------	---------	--------

1	1	1	GTGO	GTGOG	8	140600	V1.2.5P3	INSERVICE
---	---	---	------	-------	---	--------	----------	-----------

1	1	3	PRAM	PRAM	3		V1.01	INSERVICE
---	---	---	------	------	---	--	-------	-----------

1	1	4	SMXA	SMXA	3	110702	V1.2.5P3	INSERVICE
---	---	---	------	------	---	--------	----------	-----------

3. Smazání karty ze slotu 3

```
GPON_VSB(config)#del-card slotno 3
```

```
If the card is deleted, the service data related to the card will also be  
deleted. Do you want to delete the card? [yes/no]:y
```

4. Restart karty ve slotu 3

```
GPON_VSB(config)#reset-card slotno 3
```

```
Confirm to reset card? [yes/no]:y
```

Přidání sub karty(daughter-card) číslo 1 a typu UCDC/1 do slotu 4 a její smazání

Před výměnou sub karet je nutné nejdříve dotyčnou sub kartu smazat. [12]

1. Přidání karty

```
GPON_VSB(config)#add-subcard slotno 4 subcardno 1 UCDC/1
```

2. Ověření konfigurace

```
GPON_VSB(config)#show card
```

```
Rack Shelf Slot Sub CfgType RealType Status
```

```
-----
```

1	1	4	1	UCDC/1	UCDC/1	INSERVICE
---	---	---	---	--------	--------	-----------

3. Smazání sub karty

```
GPON_VSB(config)#del-subcard slotno 4 subcardno 1
```

```
Confirm to delete subcard? [yes/no]:y
```

Povolení PnP funkce

ZXA10 C320 podporuje funkci PnP (plug and play) na kartě. Ve výchozím nastavení je funkce PnP na ZXA10 C320 zakázána. [12]

1. Povolení PnP

```
GPON_VSB(config)#set-pnp enable
```

2. Ověření PnP statusu

```
GPON_VSB(config)#show pnp
```

```
pnp function is enable.
```

2.2.2 Konfigurace systémového času

1. Konfigurace české časové zóny

```
GPON_VSB(config)#clock timezone CET 1
```

2. Nastavení systémového času

```
GPON_VSB(config)#clock set 08:00:00 mar 7 2011
```

3. Ověření konfigurace

```
GPON_VSB(config)#show clock  
08:01:59 Thu Mar 7 2019 CET
```

2.2.3 Správa uživatelů

Při vytvoření uživatele můžeme uživateli nastavit jméno, heslo a práva.

1. Povolení šifrování hesel

```
GPON_VSB(config)#service password-encryption
```

2. Vytvoření uživatele vsb s heslem vsb a právy 10

```
GPON_VSB(config)#username vsb password vsb privilege 10
```

3. Ověření konfigurace

```
GPON_VSB(config)#show username
```

Username	Password	Privilege	Max-sessions
zte	dnXspUMqxfJ0gln2Hm70lw==	supervisor	16
vsb	kAFQmDzST7DWlj99KOF/cg==	administrator	16

4. Úprava uživatele - změna hesla na 123 a zvýšení práv na 15

Pouze uživatel s právem 15 může upravovat uživatele. [12] Stačí použít stejné uživatelské jméno a uživatel se upraví.

```
GPON_VSB(config)#username vsb password 123 privilege 15
```

5. Smazání uživatele vsb

```
GPON_VSB(config)#no username vsb
```

2.3 Konfigurace GPON služeb ZTE ZXA10 C320 v CLI

2.3.1 Konfigurace ONU(ONT) Type profilu v CLI

Před autentizací ONT je nutné vytvořit ONU Type profil, pokud tedy daný profil už neexistuje. Výchozí přednastavené profily jsou následující [12]:

- ZTE-F601
- ZTE-F621
- ZTE-F622
- ZTE-F625
- ZTE-F628
- ZTE-F640
- ZTE-F641
- ZTE-F660

Pomocí příkazu *show onu-type gpon* je možné si zobrazit seznam, již vytvořených profilů.

Vytvoření nového profilu

1. Zahájení konfiguračního módu pon

```
GPON_VSB(config)#pon
GPON_VSB(config-pon)#
```

2. Vytvoření profilu.

Jedná se o profil pro gpon ONT, které má 2 VOIP porty, 4 ethernetové porty, maximální počet t-cont profilů je nastaven na 8 a maximální počet portů GEM na 32.

```
GPON_VSB(config-pon)#onu-type ZTEG-F620 gpon description F620,2POTS max-
tcont 8 max-gemport 32 max-switch-perslot 1 max-flow-perswitch 32
```

3. Vytvoření uživatelských rozhraní pro konkrétní ONT

```
GPON_VSB(config-pon)#onu-type-if ZTEG-F620 eth_0/1-4
GPON_VSB(config-pon)#onu-type-if ZTEG-F620 pots_0/1-2
```

4. Ověření konfigurace

```
GPON_VSB(config-pon)#show onu-type gpon ZTEG-F620
```

```
Onu type name:      ZTEG-F620
Pon type:           gpon
Description:        F620
Max tcont:          8
Max gemport:        32
Max switch per slot: 1
Max flow per switch: 32
Max iphost:         2
Service ability N:1: support
Service ability 1:M: support
Service ability 1:P: support
WiFi mgmt via non OMCI: disable
Omci send mode:     async
Default multicast range: none
```

2.3.2 Autentizace neregistrovaného ONT v CLI

Před konfigurací služeb se musí nové ONT registrovat.

1. Zobrazení neregistrovaného ONT

```
GPON_VSB(config)#show gpon onu uncfg gpon-olt_1/1/1
```

OnuIndex	Sn	State
----------	----	-------

gpon-onu_1/1/1:1	ZTEGC8563130	unknown

2. Autentizace ONT

```
GPON_VSB(config)#interface gpon-olt_1/1/1
```

```
GPON_VSB(config-if)#onu 1 type ZTEG-F660V5.2 sn ZTEGC8563130
```

3. Ověření konfigurace

```
GPON_VSB(config)#show gpon onu state gpon-olt_1/1/1
```

OnuIndex	Admin State	OMCC State	O7 State	Phase State
----------	-------------	------------	----------	-------------

gpon-onu_1/1/1:1	enable	enable	operation	working

```
ONU Number: 0/1
```

2.3.3 Konfigurace T-CONT profilu v CLI

ZXA10 C320 podporuje vytvoření až 512-ti T-CONT profilů, sloužící pro omezení šířek pásma. Existuje 5 typů, kterými lze omezit vzestupné šířky pásma, jejíž priority jsou v sestupném sledu [12]:

- Fixní šířka pásma (typ 1)
Má pevnou šířku pásma a časový interval. Používá se pro služby, které jsou citlivé na zpoždění a jitter, a mají pevný nebo stabilní tok, například hlasovou službu.
- Garantovaná šířka pásma (typ 2)
Má pevnou šířku pásma, ale ne časový slot. To se vztahuje na službu, která není citlivá na zpoždění a jitter, jako je například služba IPTV.
- Negarantovaná šířka pásma (typ 3)
Má zaručenou minimální šířku pásma a dynamicky sdílí nadbytečnou šířku pásma. Vztahuje se na služby, které vyžadují garant, ale mají velký flow burst. Příkladem je služba Subscription download.
- Šířka pásma na principu best-effort (typ 4)
Slouží pro služby necitlivé na zpoždění a jitter, například procházení webu.
- Maximální šířka pásma (typ 5)
Kombinace všech předešlých.

1. Zahájení konfiguračního módu gpon

```
GPON_VSB(config)#gpon
GPON_VSB(config-gpon)#
```

2. Vytvoření různých T-CONT profilů

```
GPON_VSB(config-gpon)#profile tcont TCONT-1G type 4 maximum 1000000
[Successful]
GPON_VSB(config-gpon)#profile tcont TCONT-1GT5 type 5 fixed 256 assured
256 maximum 1000000
[Successful]
GPON_VSB(config-gpon)#profile tcont TCONT-IPTV type 2 assured 1024
[Successful]
GPON_VSB(config-gpon)#profile tcont TCONT-FIX type 1 fixed 10000
[Successful]
GPON_VSB(config-gpon)#profile tcont TCONT-VOIP type 1 fixed 2000
[Successful]
```

3. Ověření konfigurace

```
GPON_VSB(config-gpon)#show gpon profile tcont
```

```
Name :default
```

Type	FBW(kbps)	ABW(kbps)	MBW(kbps)
1	10000	0	0

```
Name :TCONT-1G
```

Type	FBW(kbps)	ABW(kbps)	MBW(kbps)
4	0	0	1000000

```
Name :TCONT-1GT5
```

Type	FBW(kbps)	ABW(kbps)	MBW(kbps)
5	256	256	1000000

```
Name :TCONT-IPTV
```

Type	FBW(kbps)	ABW(kbps)	MBW(kbps)
2	0	1024	0

```
Name :TCONT-FIX
```

Type	FBW(kbps)	ABW(kbps)	MBW(kbps)
1	10000	0	0

```
Name :TCONT-VOIP
```

Type	FBW(kbps)	ABW(kbps)	MBW(kbps)
1	2000	0	0

2.3.4 Konfigurace GPON ONU VLAN profilu v CLI

1. Vytvoření GPON ONU VLAN profilu v gpon konfiguračním módu
-

```
GPON_VSB(config)#gpon
```

```
GPON_VSB(config-gpon)#onu profile vlan vlan-test tag-mode tag cvlan 400  
priority 7
```

2. Ověření konfigurace
-

```
GPON_VSB(config-gpon)#show gpon onu profile vlan
```

```
Profile name: vlan-test
```

```
Tag mode: tag
```

```
CVLAN: 400
```

2.3.5 Konfigurace VOIP Access Code profilu v CLI

VOIP se budu blíže zabýrat ve své navazující diplomové práci. Následné konfigurace VOIP slouží pouze jako příklad konfigurace.

VOIP Access Code profil slouží k vytvoření relace mezi přístupovými kódy SIPu (Session Initiation Protocol) a korespondujícími službami fungující na ONT (SIP agent), které si uživatel vybere vytočením čísla. [12]

1. Vytvoření VOIP Access Code profilu v gpon konfiguračním módu

```
GPON_VSB(config)#gpon
GPON_VSB(config-gpon)#onu profile voip-accesscode abc call-hold ***
```

2. Ověření konfigurace

```
GPON_VSB(config-gpon)#show gpon onu profile voip-accesscode
Profile-name: abc
cancel-call-waiting:
call-hold: ***
call-park:
cid-activate:
cid-deactivate:
no-disturb-activation:
no-disturb-deactivation:
no-disturb-pin-change:
emergency-srv-num:
intercom-service:
unattend-blind-call-transfer:
attend-call-transfer:
```

2.3.6 Konfigurace VOIP Service Application profilu v CLI

Service Application profil se používá jako základ pro další VOIP (SIP) služby. [12]

1. Vytvoření VOIP Service Application profilu v gpon konfiguračním módu

```
GPON_VSB(config)#gpon
GPON_VSB(config-gpon)#profile voip-appsrv voip-service call-waiting enable
call-transfer enable call-hold enable 3way enable
```

2. Ověření konfigurace

```
GPON_VSB(config-gpon)#show gpon onu profile voip-appsrv

Profile-name: voip-service
calling-num: disable
```

calling-name: disable
cid-blocking: disable
cid-num-permanent-status: disable
cid-name-permanent-status: disable
anonymous-cid-blocking: disable
call-wating: enable
cid-announcement: disable
3way: enable
call-transfer: enable
call-hold: enable
call-park: disable
no-disturb: disable
emergency-call-flash: disable
emergency-originate-hold: disable
6way: disable
message-waiting-splash-ring: disable
message-wating-special-dialtone: disable
message-waiting-visual-ind: disable
call-forwarding-ind: disable
direct-connect-feature: disable
dialtone-delay: disable
direct-connect-uri:
Validation scheme: disable
Username:
Password:
Realm:
bridge-line-agent-uri:
Validation scheme: disable
Username:
Password:
Realm:
conference-factory-uri:
Validation scheme: disable
Username:
Password:
Realm:

2.3.7 Konfigurace tabulky vytáčení v CLI

1. Vytvoření tabulky vytáčení v gpon konfiguračním módu

```
GPON_VSB(config)#gpon
GPON_VSB(config-gpon)#onu profile dial-plan-table test
```

2. Ověření konfigurace

```
GPON_VSB(config-gpon)#onu profile dial-plan test 1 token X*.X.#|#X*.X.##
GPON_VSB(config-gpon)#onu profile dial-plan test 2 token #X*.X.T|#X*.X.#
T
GPON_VSB(config-gpon)#onu profile dial-plan test 3 token X*.X.T|**.X*.X.
*.X.##
GPON_VSB(config-gpon)#onu profile dial-plan test 4 token **.X*.X*.X.#T
GPON_VSB(config-gpon)#onu profile dial-plan test 5 token #X*.X*.X.##
```

3. Ověření konfigurace

```
GPON_VSB(config-gpon)#show gpon onu profile dial-plan-table test
TableName MaxSize Critical Partial Format
```

```
-----
test      16      4000  16000  h248
```

```
GPON_VSB(config-gpon)#show gpon onu profile dial-plan test
Dial plan id  Dial plan token
```

```
-----
1      X*.X.#|#X*.X.##
2      #X*.X.T|#X*.X.
      #T
3      X*.X.T|**.X*.X.
      *.X.##
4      **.X*.X*.X.#T
```

2.3.8 Konfigurace SIP profilu v CLI

1. Vytvoření SIP profilu v gpon konfiguračním módu

```
GPON_VSB(config)#gpon
GPON_VSB(config-gpon)#onu profile sip sip-test proxy 1.2.3.1
GPON_VSB(config-gpon)#onu profile sip sip-test accesscode abc
GPON_VSB(config-gpon)#onu profile sip sip-test appsrv voip-service
```

```
GPON_VSB(config-gpon)#onu profile sip sip-test dial-plan test
```

2. Ověření konfigurace

```
GPON_VSB(config-gpon)#show gpon onu profile sip name sip-test
```

```
Profile name : sip-test
Proxy server: 1.2.3.1
Outbound proxy: 1.2.3.1
Registrar: 1.2.3.1
Validation scheme: disable
UDP port: 5060
DSCP/TOS: 0
Media UDP port: 5060
Media DSCP/TOS: 0
DNS1: 0.0.0.0
DNS2: 0.0.0.0
Registration expiration time: 3600(s)
Re-registration time: 360(s)
Softswitch vendor:
Dial plan table name: test
Release timer: 10(s)
ROH timer: 15(s)
Link test: disable
Link test interval: N/A
appsrv: voip-service
accesscode: abc
```

2.3.9 Konfigurace GPON VOIP služby (SIP) v CLI

Pro vytvoření SIP služby je nutné mít všechny předešlé profily nastavené.

1. Přiřazení T-CONT na rozhraní ONT

```
GPON_VSB(config)#interface gpon-onu_1/1/1:1
GPON_VSB(config-if)#tcont 3 name VOIP profile TCONT-VOIP
```

2. Vytvoření GEM a servisního portu

```
GPON_VSB(config-if)#gemport 3 name gemport3 unicast tcont 3
GPON_VSB(config-if)#service-port 3 vport 3 user-vlan 400 vlan 400
GPON_VSB(config-if)#exit
```

3. Přiřazení VOIP VLAN na uplink rozhraní

```
GPON_VSB(config)#interface gei_1/4/3
GPON_VSB(config-if)#switchport vlan 400 tag
GPON_VSB(config-if)#exit
```

4. Přiřazení servisního portu na ONT

```
GPON_VSB(config)#pon-onu-mng gpon-onu_1/1/1:1
GPON_VSB(gpon-onu-mng)#service VOIP type voip gempport 3 cos 7 vlan 400
```

5. Výběr SIP protokolu

```
GPON_VSB(gpon-onu-mng)#voip protocol sip
```

6. Zadání VOIP adresy

```
GPON_VSB(gpon-onu-mng)#voip-ip mode static ip-profile ip-test ip-address
1.2.3.4 mask 255.255.255.0 vlan-profile vlan-test
```

7. Přiřazení VOIP služby na VOIP rozhraní ONT

```
GPON_VSB(gpon-onu-mng)#sip-service pots_0/1 profile sip-test userid 12345
username 12345 password 12345
```

2.3.10 Konfigurace Broadband služby v CLI

1. Přiřazení T-CONT na rozhraní ONT

```
GPON_VSB(config)#interface gpon-onu_1/1/1:1
GPON_VSB(config-if)#tcont 1 name DATA profile TCONT-1G
```

2. Vytvoření GEM a servisního portu

```
GPON_VSB(config-if)#gempport 1 name name DATA unicast tcont 1 dir both
GPON_VSB(config-if)#service-port 1 vport 1 user-vlan 200 vlan 200
GPON_VSB(config-if)#exit
```

3. Přiřazení datové VLAN na uplink rozhraní

```
GPON_VSB(config)#interface gei_1/4/2
GPON_VSB(config-if)#switchport default vlan 200
GPON_VSB(config-if)#exit
```

4. Přiřazení servisního portu na ONT

```
GPON_VSB(config)#pon-onu-mng gpon-onu_1/1/1:1
GPON_VSB(gpon-onu-mng)#service DATA gemport 1 vlan 200
```

5. Přiřazení datové VLAN na první rozhraní ONT

```
GPON_VSB(gpon-onu-mng)#vlan port eth_0/1 mode tag vlan 200
```

2.3.11 Konfigurace Multicast služby v CLI

1. Přiřazení T-CONT na rozhraní ONT

```
GPON_VSB(config)#interface gpon-onu_1/1/1:1
GPON_VSB(config-if)#tcont 2 name IPTV profile TCONT-IPTV
```

2. Vytvoření GEM a servisního portu

```
GPON_VSB(config-if)#gemport 2 name IPTV unicast tcont 2 dir both
GPON_VSB(config-if)#service-port 2 vport 2 user-vlan 300 vlan 300
GPON_VSB(config-if)#exit
```

3. Přiřazení multicast VLAN na uplink rozhraní

```
GPON_VSB(config)#interface gei_1/4/2
GPON_VSB(config-if)#switchport vlan 300 tag
GPON_VSB(config-if)#exit
```

4. Konfigurace IGMP a MVLAN

```
GPON_VSB(config)#igmp enable
GPON_VSB(config)#igmp mvlan 600
GPON_VSB(config)#igmp mvlan 600 work-mode snooping
GPON_VSB(config)#igmp mvlan 600 group-filter disable
GPON_VSB(config)#igmp mvlan 600 source-port gei_1/4/2
GPON_VSB(config)#igmp mvlan 600 receive-port gpon-onu_1/1/1:1 vport 2
```

5. Přiřazení servisního portu na ONT

```
GPON_VSB(config)#pon-onu-mng gpon-onu_1/1/1:1
GPON_VSB(gpon-onu-mng)#service IPTV type iptv gemport 2 vlan 300
```

6. Přiřazení multicast VLAN na čtvrté rozhraní ONT

```
GPON_VSB(gpon-onu-mng)#multicast vlan add vlanlist 300  
GPON_VSB(gpon-onu-mng)#vlan port eth_0/4 mode tag vlan 300
```

2.4 Konfigurace ZTE ZXA10 C320 pomocí webového GUI Ikarus

Ikarus je webový nástroj vyvinutý firmou OFA s.r.o. pro konfiguraci GPON OLT od firmy ZTE pomocí SNMP. Je v něm možné konfigurovat samotné OLT, přidávat a nastavovat nové ONT a podporuje také monitorovací služby. [13]

Po přihlášení do Ikaru skrze webový prohlížeč a kliknutím vlevo nahoře na ikonu pod nápisem GPON, se zobrazí rozcestník konfigurace různých částí GPON.



Obrázek 4: Ikarus menu

2.4.1 Konfigurace OLT pomocí webového GUI Ikarus

V konfiguraci OLT lze konfigurovat [13]:

- Uplink rozhraní
- PON rozhraní
- Rychlostní a T-CONT profily
- Přenos ONT z jednoho rozhraní na druhé

Pro konfiguraci OLT se vybere prostřední ikona znázorňující OLT.



Obrázek 5: Konfigurace OLT

Zobrazení informací o uplink rozhraních.

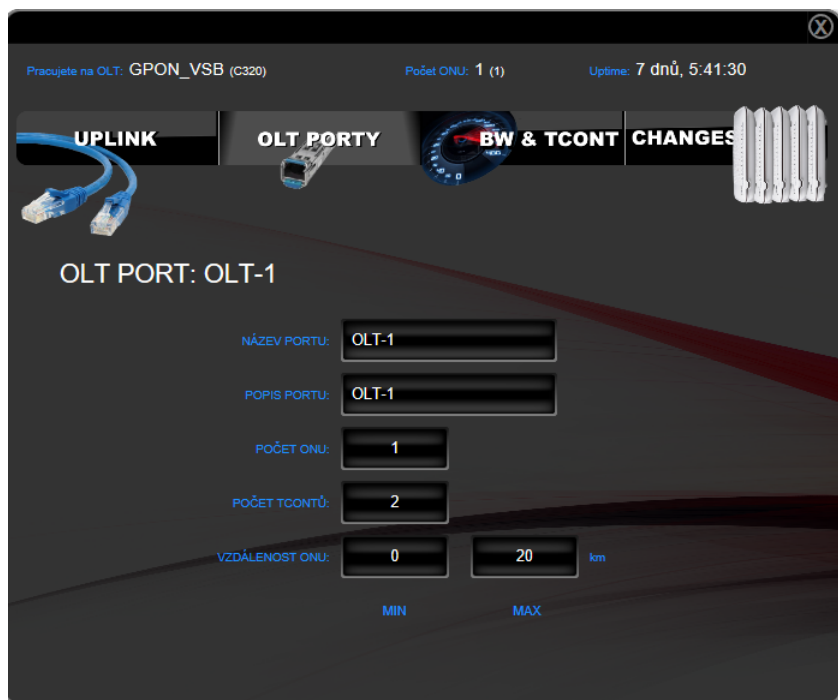
V tomto okně lze zobrazit hlavní informace o uplink rozhraních. Například, jestli je rozhraní zapnuté, jaké vlan má přiřazené, popis rozhraní, vlnové délky a úrovně.



Obrázek 6: Konfigurace uplink rozhraní

Konfigurace OLT rozhraní.

Zde je možné měnit názvy a popisy OLT rozhraní, zobrazit počet připojených ONT a počet použitých TCONT profilů. Také je zde možné nastavit minimální a maximální vzdálenost ONT.



Obrázek 7: Konfigurace OLT rozhraní

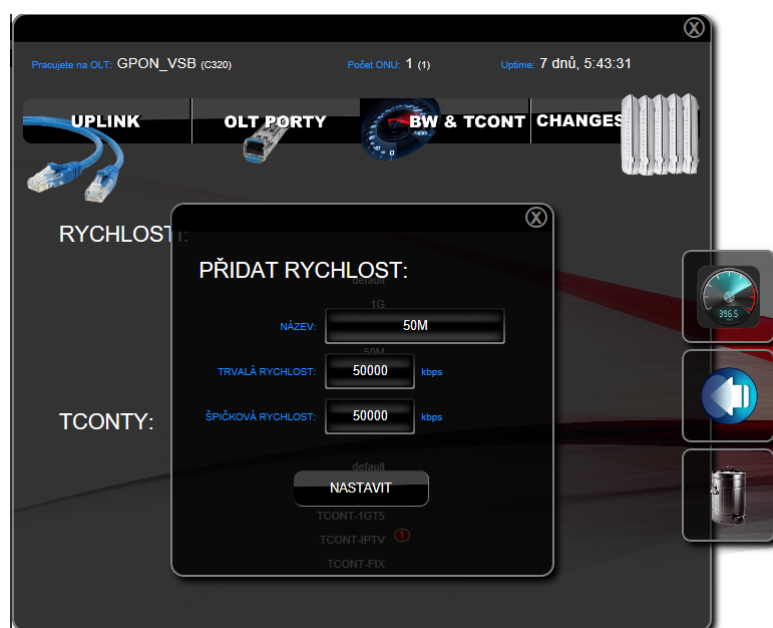
Pro vytváření nových profilů se používá lišta na boku



Obrázek 8: Lišta pro vytvoření a mazání profilů

Vytvoření nového rychlostního profilu.

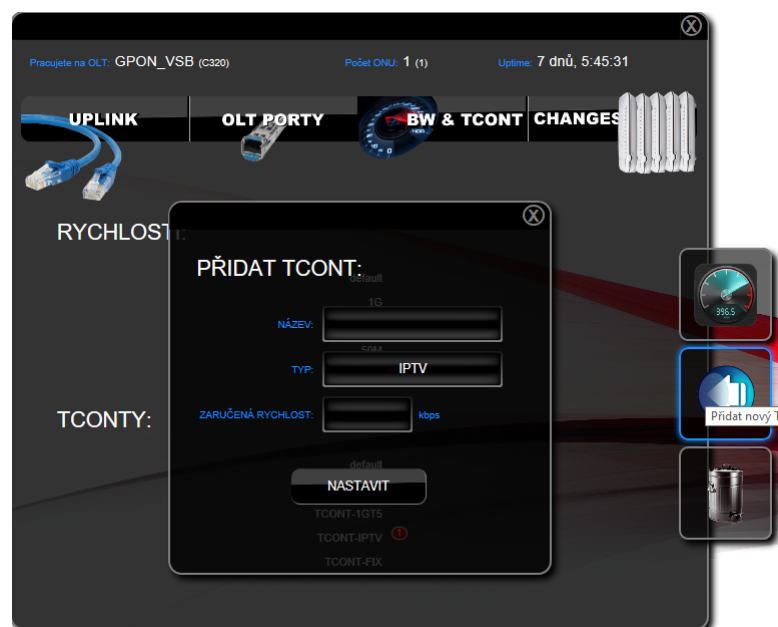
První ikona slouží k vytvoření rychlostního profilu.



Obrázek 9: Vytvoření nového rychlostního profilu

Vytvoření nového T-CONT profilu.

Druhá ikona slouží k vytvoření T-CONT profilu.

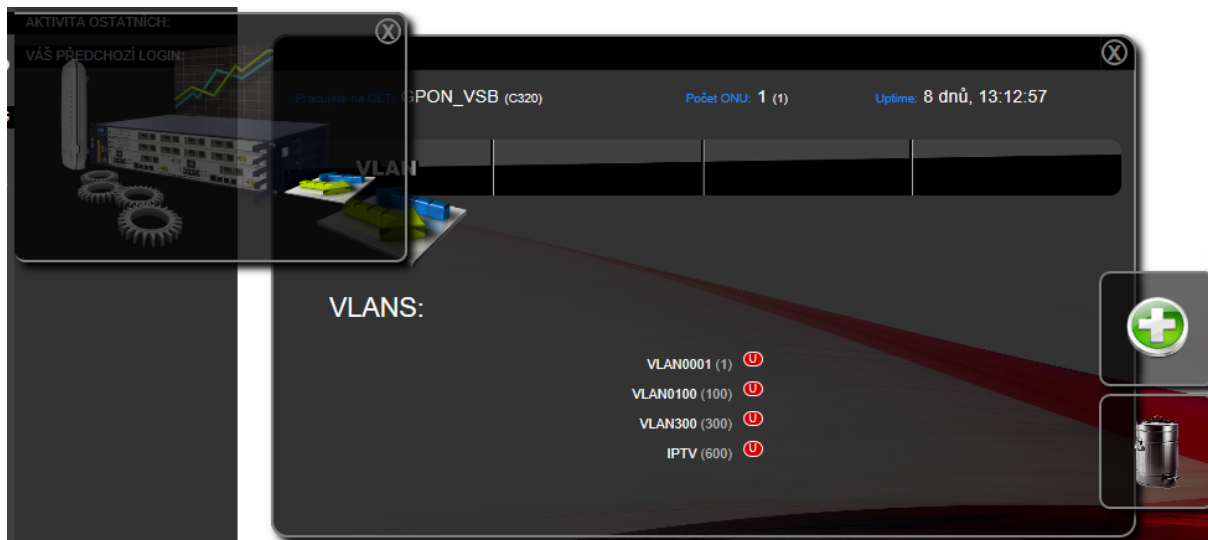


Obrázek 10: Vytvoření nového T-CONT profilu

Jakýkoliv profil lze smazat přetáhnutím na odpadkový koš.

2.4.2 Správa VLAN pomocí webového GUI Ikarus

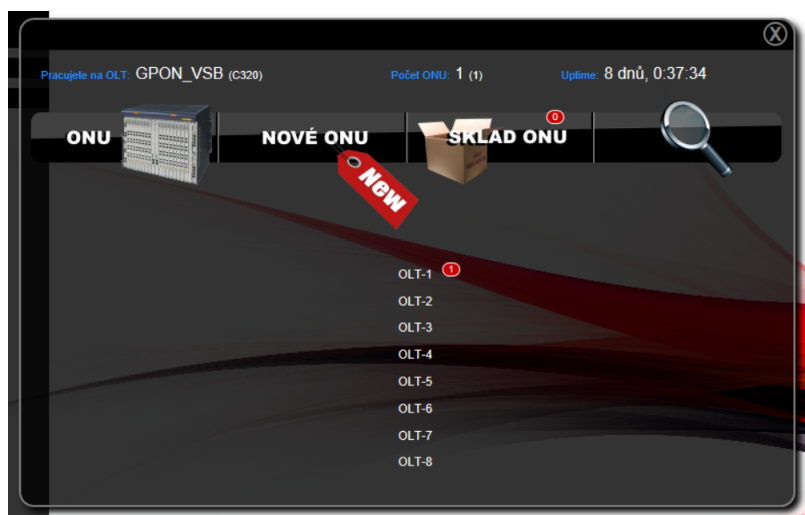
Toto okno slouží ke správě VLAN. První ikona v pravé liště slouží k vytvoření nové VLAN. Smazání VLAN se provádí přetažením dotyčné VLAN do koše.



Obrázek 11: Správa VLAN

2.4.3 Správa ONT pomocí webového GUI Ikarus

V kolonce pro konfiguraci ONT lze spravovat jednotlivé ONT, registrovat nové, vkládat a vytažovat ze skladu a hledat konkrétní ONT, pokud jich například máme mnoho.



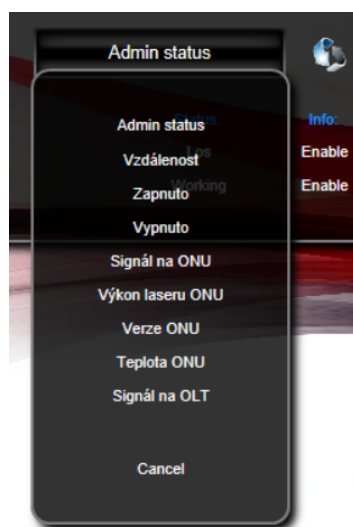
Obrázek 12: Správa ONT

Výběrem konkrétního OLT rozhraní se zobrazí registrované ONT na tomto rozhraní.



Obrázek 13: OLT rozhraní 1

Kliknutím na box s nápisem *Admin Status* lze zobrazit různé parametry, které pomáhají při hledání problémů.



Obrázek 14: Box pro zobrazení parametrů

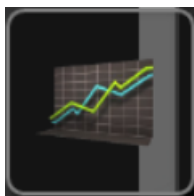
Po kliknutí na konkrétní ONT se zobrazí okno s konfigurací ONT. Po obou stranách okna jsou ikony pro různé nastavení a zobrazování související s daným ONT.



Obrázek 15: Smazání ONT



Obrázek 16: Přidání nové služby na ONT



Obrázek 17: Zobrazení grafů provozu a výkonových úrovní



Obrázek 18: Zobrazení MAC adres připojených k ONT



Obrázek 19: Zobrazení vytížených rozhraní a celkové vytížení ONT



Obrázek 20: Vypnutí ONT



Obrázek 21: Restartování ONT



Obrázek 22: Restartování konfigurace ONT



Obrázek 23: Karta diagnostiky ONT

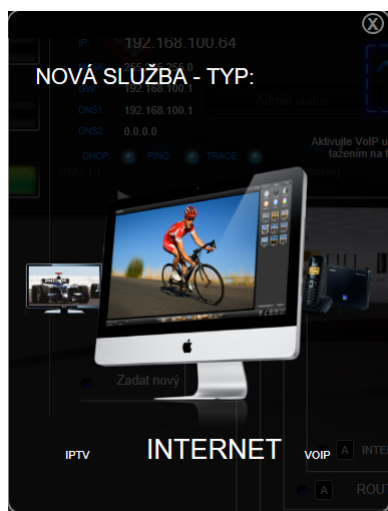


Obrázek 24: Znovu načtení konfigurace ONT



Obrázek 25: Logy

Při přidání nové služby lze vybrat IPTV, Internet nebo VOIP. Služba se poté přetáhnutím přiřadí na vybrané rozhraní.



Obrázek 26: Nová služba

Je možné také vybrat, jestli bude ONT a konkrétní služby získávat adresy z DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol), PPPoE (Point to Point Protocol over Ethernet), nebo staticky.



Obrázek 27: Mód IP adres

Lze také přiřadit více služeb na jedno rozhraní a vytvořit tak trunk linku.

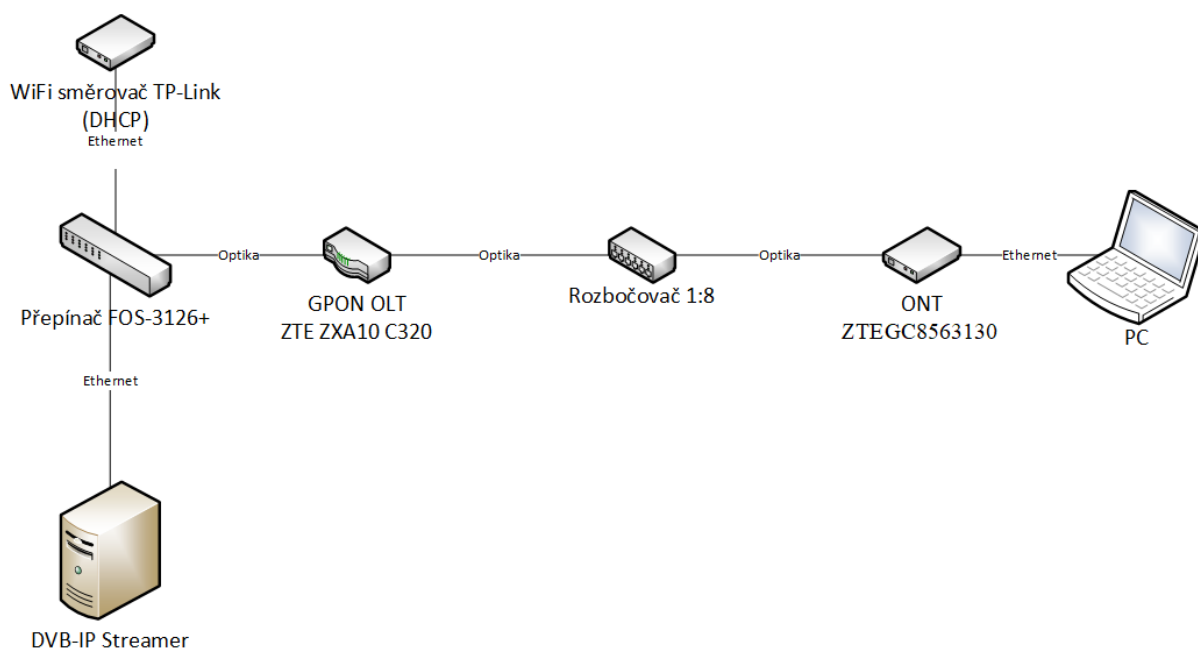


Obrázek 28: Trunk linka na ONT

3 Nasazení technologie DVB/IP stream prostřednictvím GPON sítě

3.1 Topologie zapojení

WiFi směrovač TP-Link v tomto zapojení slouží jako DHCP server. DVB/IP streamer vysílá na multicast adresách televizní stanice, které přijímá za pomoci Yagi antény z DVB-T2. Obě tyto zařízení jsou ethernetem připojené do přepínače FOS, představující jádrový přepínač. Na tomto přepínači je vytvořená značkováná VLAN 300 se zapnutým IGMP. Přes optickou kabeláž je přepínač FOS připojený do uplink rozhraní od OLT. Z OLT vede pasivní optická trasa přes rozbočovač 1:8 do ONT. ONT je nakonec propojené s PC opět přes ethernet.



Obrázek 29: Topologie zapojení

3.2 Konfigurace WiFi směrovače TP-Link

Připojení na WiFi směrovač TP-Link se realizuje napsáním jeho IP adresy do webového prohlížeče. V tomto případě se jedná o adresu *192.168.100.1*. Přihlašovací jméno a heslo jsou *admin*.

1. Nastavení IP LAN adresy na směrovač

TP-LINK

← → ↻ 🏠 ⓘ Nezabezpečeno | 192.168.100.1

TP-LINK®

Status

--- Basic Settings ---

Quick Setup

Network

- LAN

- WAN

- MAC Clone

--- Advanced Settings ---

DHCP

Forwarding

Security

Static Routing

IP QoS

IP & MAC Binding

Dynamic DNS

--- Maintenance ---

System Tools

LAN

MAC Address: F8-D1-11-61-0B-F2

IP Address: 192.168.100.1

Subnet Mask: 255.255.255.0 ▼

Save

Obrázek 30: LAN IP adresa na TP-Link

2. Nastavení DHCP rozsahu

TP-LINK

← → ↻ 🏠 ⓘ Nezabezpečeno | 192.168.100.1

TP-LINK®

Status

--- Basic Settings ---

Quick Setup

Network

--- Advanced Settings ---

DHCP

- DHCP Settings

- DHCP Clients List

- Address Reservation

Forwarding

Security

Static Routing

IP QoS

IP & MAC Binding

Dynamic DNS

--- Maintenance ---

System Tools

DHCP Settings

DHCP Server: ☐ Disable ☒ Enable

Start IP Address: 192.168.100.64

End IP Address: 192.168.100.247

Address Lease Time: 120 minutes (1~2880 minutes, the default value is 120)

Default Gateway: 0.0.0.0 (optional)

Default Domain: (optional)

Primary DNS: 0.0.0.0 (optional)

Secondary DNS: 0.0.0.0 (optional)

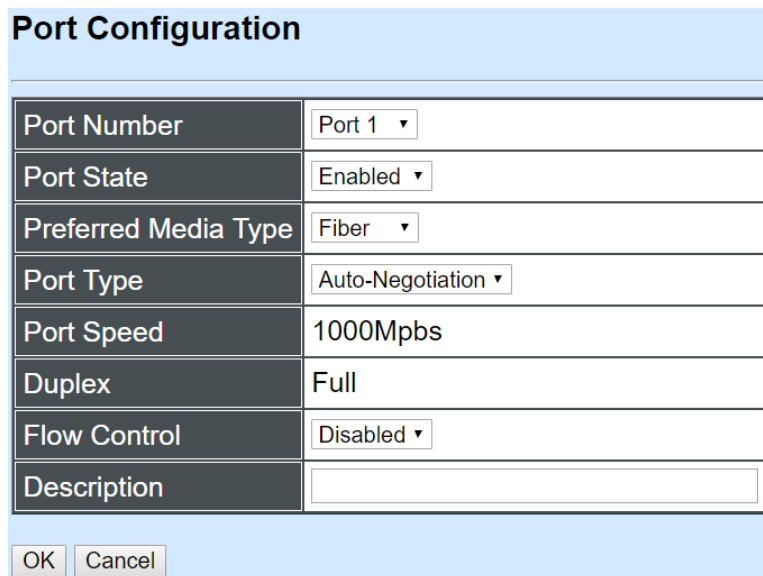
Save

Obrázek 31: Nastavení DHCP na TP-Link

3.3 Konfigurace přepínače FOS-3126+

Na přepínač FOS-3126+ se opět připojuje přes webový prohlížeč konkrétně na adresu *192.168.100.2*. Uživatelské jméno je *admin* a heslo není žádné. Všechny nastavení kromě nastavení rozhraní jsou v levé liště.

1. Nejprve se zkontroluje správně nastavené PON rozhraní. Nastavení rozhraní se provede kliknutím na ikonu rozhraní nahoře.

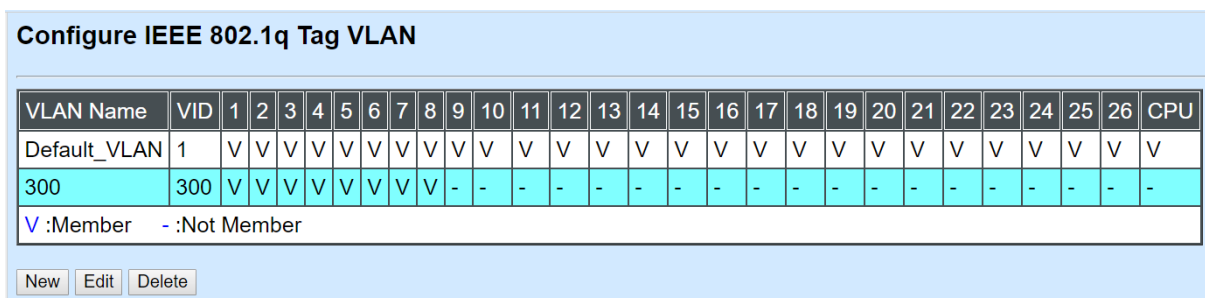


Port Number	Port 1 ▾
Port State	Enabled ▾
Preferred Media Type	Fiber ▾
Port Type	Auto-Negotiation ▾
Port Speed	1000Mbps
Duplex	Full
Flow Control	Disabled ▾
Description	

OK Cancel

Obrázek 32: PON rozhraní na přepínači

2. Vytvoření značkované VLAN 300 a přiřazení na prvních 8 rozhraní.



VLAN Name	VID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	CPU
Default_VLAN	1	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	
300	300	V	V	V	V	V	V	V	V	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

V :Member - :Not Member

New Edit Delete

Obrázek 33: Vytvoření VLAN 300 na přepínači

3. Poté je nutné zapnutí VLAN Aware na prvních 8 rozhraní.

Tag VLAN Settings

Select Setting: VLAN Aware ▾

VLAN Aware

1	2	3	4	5	6	7
Enable ▾	Enable ▾	Enable ▾	Enable ▾	Enable ▾	Enable ▾	Enable ▾
8	9	10	11	12	13	14
Enable ▾	Disable ▾	Disable ▾	Disable ▾	Disable ▾	Disable ▾	Disable ▾
15	16	17	18	19	20	21
Disable ▾	Disable ▾	Disable ▾	Disable ▾	Disable ▾	Disable ▾	Disable ▾
22	23	24	25	26		
Disable ▾	Disable ▾	Disable ▾	Disable ▾	Disable ▾		

OK Cancel

Obrázek 34: Zapnutí VLAN Aware na přepínači

4. Přiřazení IGMP na VLAN 300.

IGMP VLAN ID Configuration

VID	VLAN Name	Snooping	Querying
1	Default_VLAN	Disable	Disable
300	300	Enable	Enable

Edit

Obrázek 35: Přiřazení IGMP na přepínači

5. Zapnutí IGMP Snooping na prvních 8 rozhraních.

IGMP Configuration

Snooping	Enabled ▾	
Unregistered IPMC Flooding	Disabled ▾	
Query Interval	125	1~6000 (Second)
Query Response Interval	100	1~6000 (1/10 Sec)
Fast Leave	Disabled ▾	

Router Port	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Y ▾	Y ▾	Y ▾	Y ▾	Y ▾	Y ▾	Y ▾	Y ▾	N ▾	N ▾	N ▾	N ▾	N ▾
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
	N ▾	N ▾	N ▾	N ▾	N ▾	N ▾	N ▾	N ▾	N ▾	N ▾	N ▾	N ▾	N ▾

OK Cancel

Obrázek 36: Zapnutí IGMP Snooping na přepínači

3.4 Konfigurace DVB/IP serveru

DVB/IP streamer je nejlepší zapnout až poté, co plně běží směrovač, aby mu přiřadil IP adresu pomocí DHCP, poněvadž server vykonává DHCP discover během spouštění systému.

Všechny následující příkazy se provádí v režimu superuživatele (heslo *IPTV*)

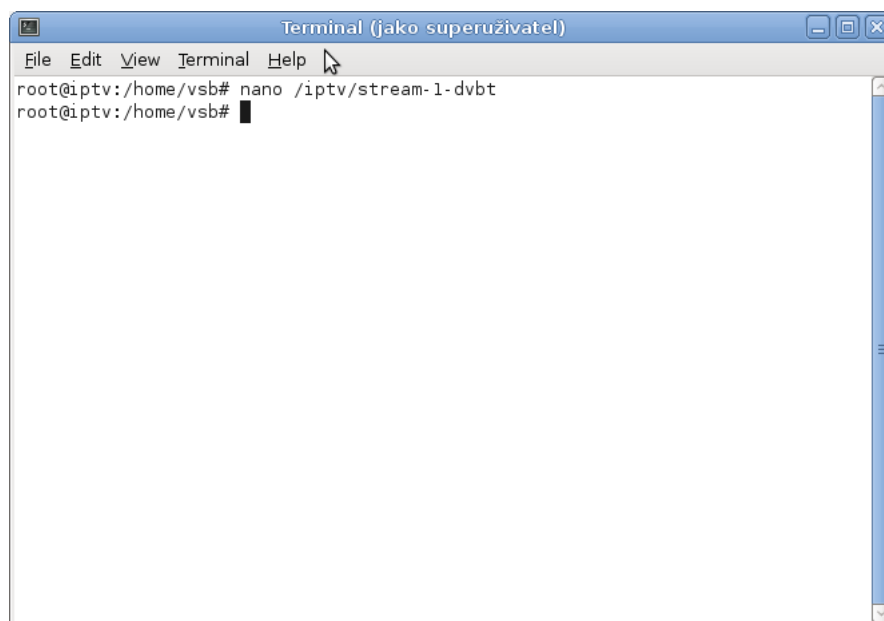
1. Kontrola správně přiřazené adresy pomocí DHCP.

```
root@iptv:/home/vsb# ifconfig eth0
eth0      Link encap:Ethernet  Hwaddr 00:25:22:c9:2d:c4
          inet addr:192.168.100.65  Bcast:255.255.255.255  Mask:255.255.255.0
          inet6 addr: fe80::225:22ff:fec9:2dc4/64 Scope:Link
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:345 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:4570561 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:1000
          RX bytes:36966 (36.0 KiB)  TX bytes:1965873176 (1.8 GiB)
          Interrupt:44 Base address:0x6000

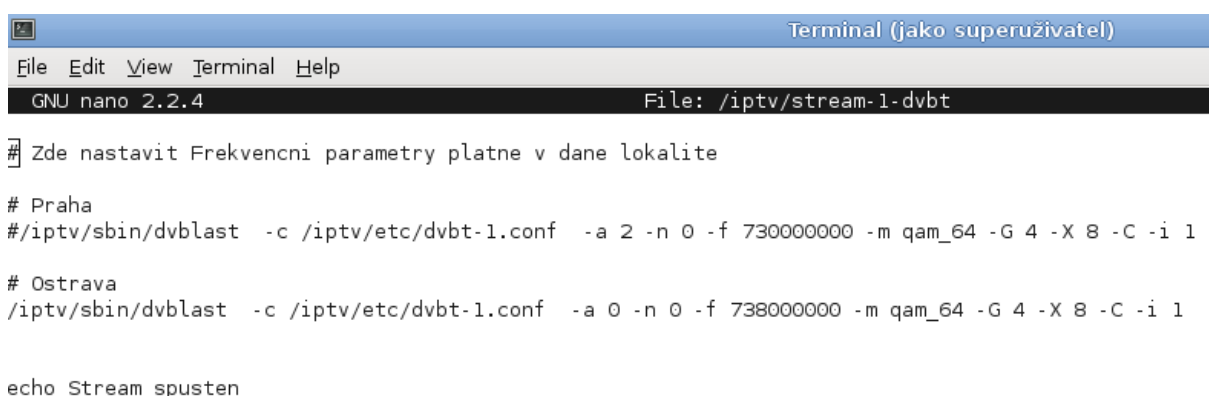
root@iptv:/home/vsb#
```

Obrázek 37: Ifconfig na DVP/IP streameru

2. Pomocí příkazu `nano /iptv/stream-1-dvbt` lze zkontrolovat/nastavit frekvenci a modulaci, kterou streamer bude přijímat DVB-T signál.

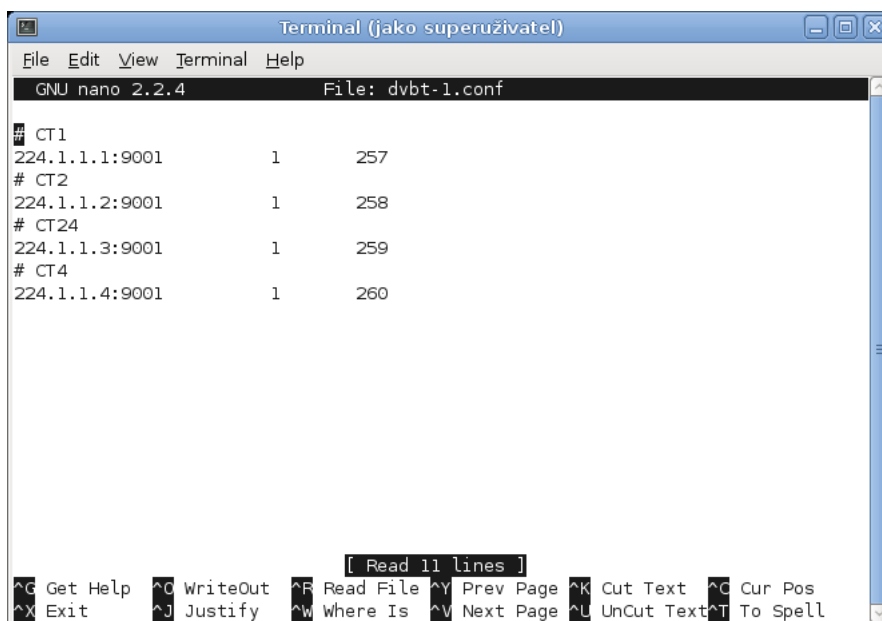


Obrázek 38: Nano stream-1-dvbt



Obrázek 39: Soubor stream-1-dvbt

3. Příkaz `nano /iptv/etc/dvbt-1.conf` (existuje i soubor *2* a *3*) slouží pro úpravu souborů, které obsahují přiřazení konkrétních televizních stanic určitým multicast adresám a portům.

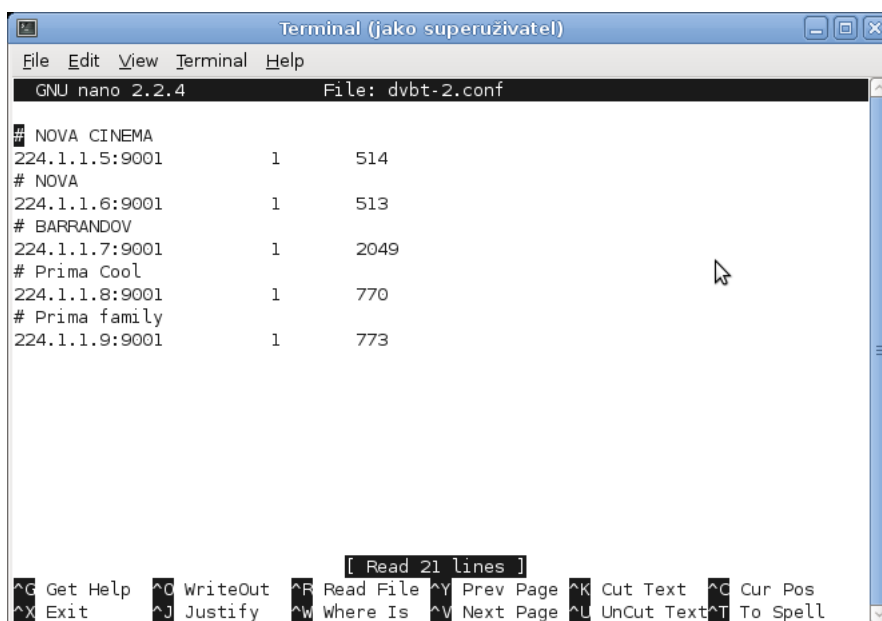


```
Terminal (jako superuživatel)
File Edit View Terminal Help
GNU nano 2.2.4 File: dvbt-1.conf

# CT1
224.1.1.1:9001      1      257
# CT2
224.1.1.2:9001      1      258
# CT24
224.1.1.3:9001      1      259
# CT4
224.1.1.4:9001      1      260

[ Read 11 lines ]
^G Get Help  ^O WriteOut  ^R Read File ^Y Prev Page ^K Cut Text  ^C Cur Pos
^X Exit      ^J Justify   ^W Where Is  ^V Next Page ^L UnCut Text ^T To Spell
```

Obrázek 40: Soubor dvbt-1.conf

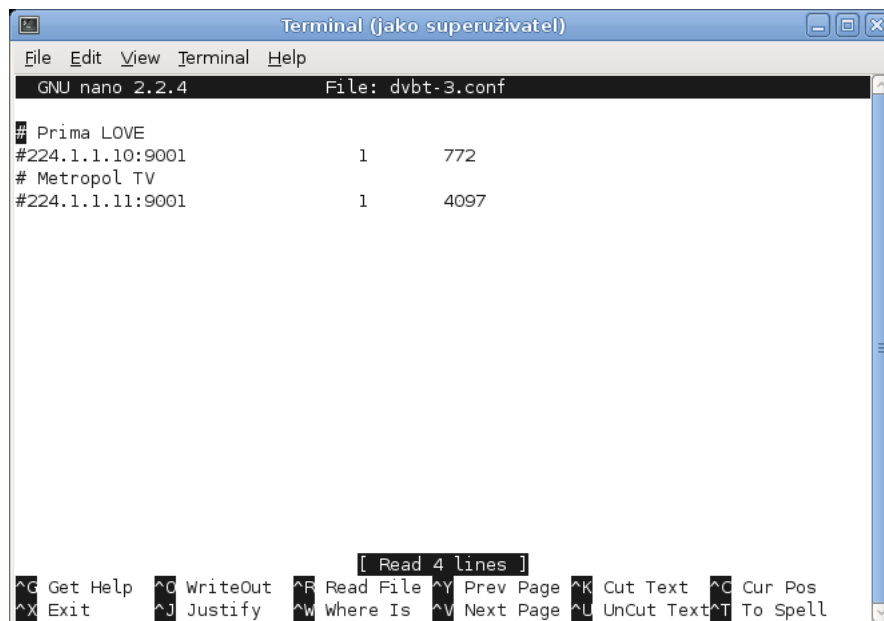


```
Terminal (jako superuživatel)
File Edit View Terminal Help
GNU nano 2.2.4 File: dvbt-2.conf

# NOVA CINEMA
224.1.1.5:9001      1      514
# NOVA
224.1.1.6:9001      1      513
# BARRANDOV
224.1.1.7:9001      1      2049
# Prima Cool
224.1.1.8:9001      1      770
# Prima family
224.1.1.9:9001      1      773

[ Read 21 lines ]
^G Get Help  ^O WriteOut  ^R Read File ^Y Prev Page ^K Cut Text  ^C Cur Pos
^X Exit      ^J Justify   ^W Where Is  ^V Next Page ^L UnCut Text ^T To Spell
```

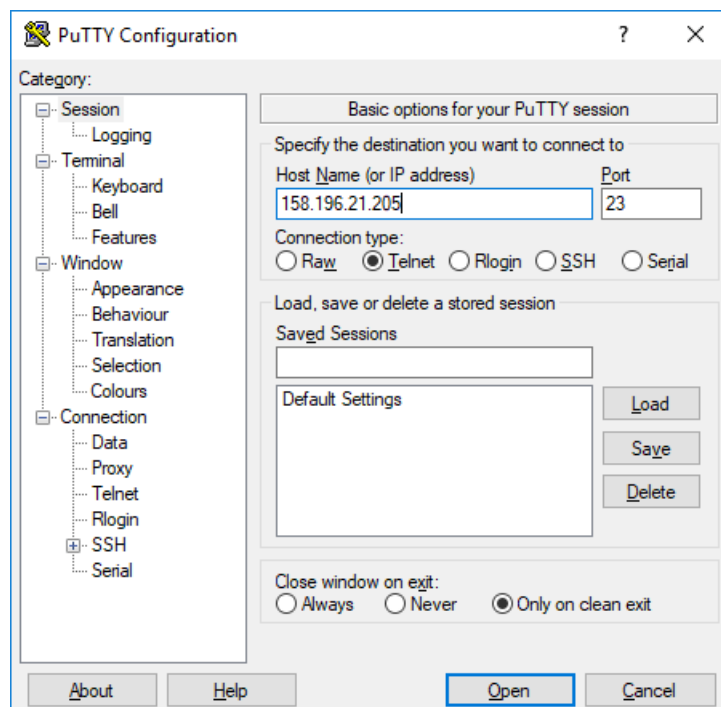
Obrázek 41: Soubor dvbt-2.conf



Obrázek 42: Soubor dvbt-3.conf

3.5 Konfigurace IPTV služby na OLT ZTE ZX10 C320 a ONT ZTE za použití CLI i webového GUI Ikarus

1. Připojení do CLI od OLT se provádí například pomocí protokolu telnet v programu putty.



Obrázek 43: Telnet do ONT pomocí Putty

2. Uživatelské jméno a heslo jsou *zte*.

```
*****
* Welcome to ZXAN GPON product of ZTE corporation *
*           VSB vyuka PON - ZTE GPON OLT           *
*           * Unauthorized access prohibited *       *
*****

Username:zte
Password:
GPON_VSB#
```

3. Nejprve se vytvoří, popíše a pojmenuje VLAN 300, která bude přenášet DHCP a multicast provoz.

```
GPON_VSB#conf t
GPON_VSB(config)#vlan 300
GPON_VSB(config-vlan)#description LAB_IPTV
GPON_VSB(config-vlan)#name VLAN300
GPON_VSB(config-vlan)#exit
```

4. Následně se VLAN 300 přiřadí IP adresa sítě, ve které běží DVB/IP streamer.

```
GPON_VSB(config)#interface vlan 300
GPON_VSB(config-if[vlan300])#ip address 192.168.100.248 255.255.255.0
GPON_VSB(config-if[vlan300])#exit
```

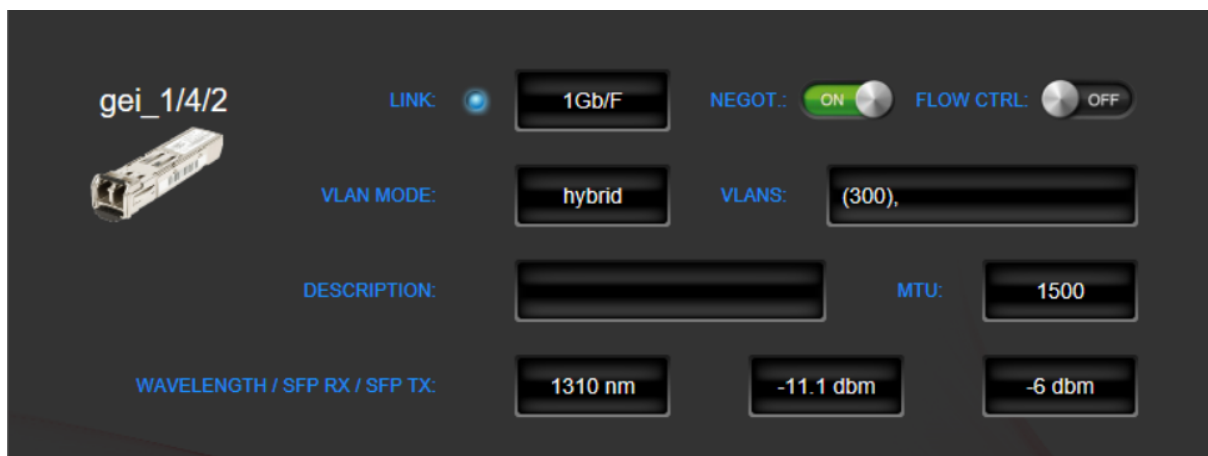
5. Tato VLAN se poté přiřadí na uplink PON rozhraní, do kterého je připojený přepínač FOS.

```
GPON_VSB(config)#interface gei_1/4/2
GPON_VSB(config-if)#switchport default vlan 300
GPON_VSB(config-if)#exit
```

6. Je také nutné nakonfigurovat IGMP. Jako source-port se použije uplink rozhraní gei 1/4/2 a receive-port je vport 1 na použitém ONT.

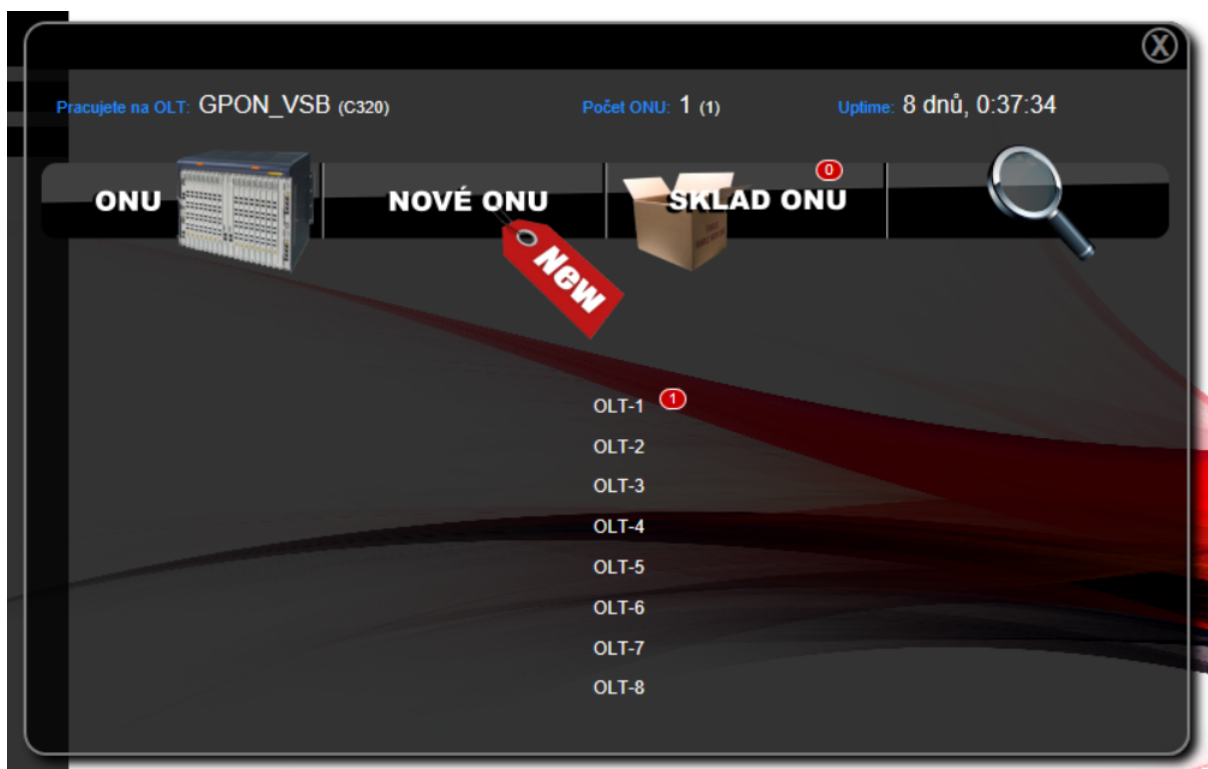
```
GPON_VSB(config)#igmp mvlan 300
GPON_VSB(config)#igmp mvlan 300 work-mode snooping
GPON_VSB(config)#igmp mvlan 300 group-filter disable
GPON_VSB(config)#igmp mvlan 300 source-port gei_1/4/2
GPON_VSB(config)#igmp mvlan 300 receive-port gpon-onu_1/1/1:1 vport 1
```

7. V Ikaru se ověří funkčnost uplink rozhraní, hlavně tedy zda je zapnutý a jestli má přiřazenou VLAN 300.



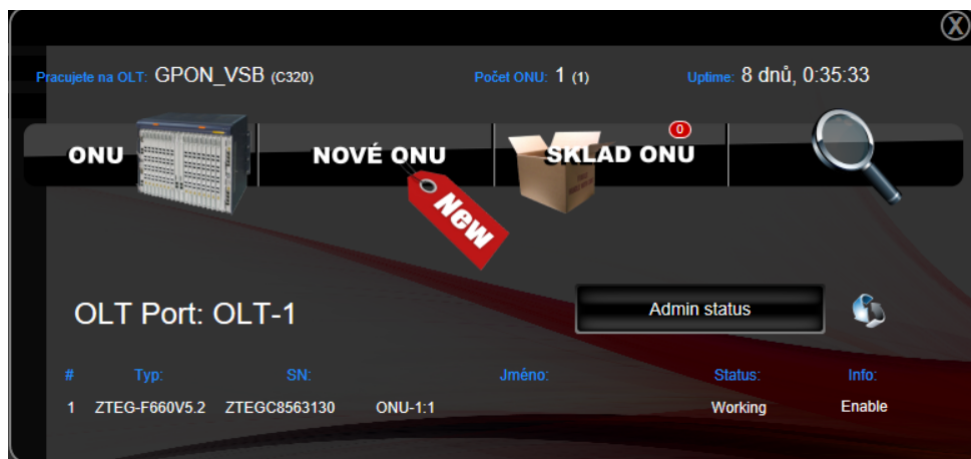
Obrázek 44: Funkční uplink rozhraní

8. Poté se přejde do nastavení ONT (ONU) a vybere se první OLT.



Obrázek 45: Výběr OLT

9. Následuje výběr registrovaného ONT.



Obrázek 46: Výběr registrovaného ONT

10. Dále se přidá nová služba IPTV s T-CONT-IPTV typu 2, který poskytuje zaručenou rychlost přenosu 10 Mbit/s, danými rychlostmi a VLAN 300.



Obrázek 47: Výběr nové služby IPTV

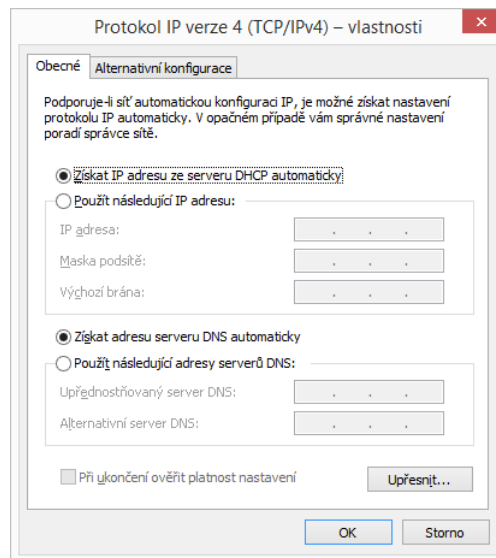
11. Nová služba se zobrazí v části Služby (červené okno). ONT dostane z DHCP IP adresu (žluté okno) a služba se přiřadí na rozhraní, přetáhnutím služby na rozhraní ONT (modré okno).



Obrázek 48: Plně nakonfigurované ONT

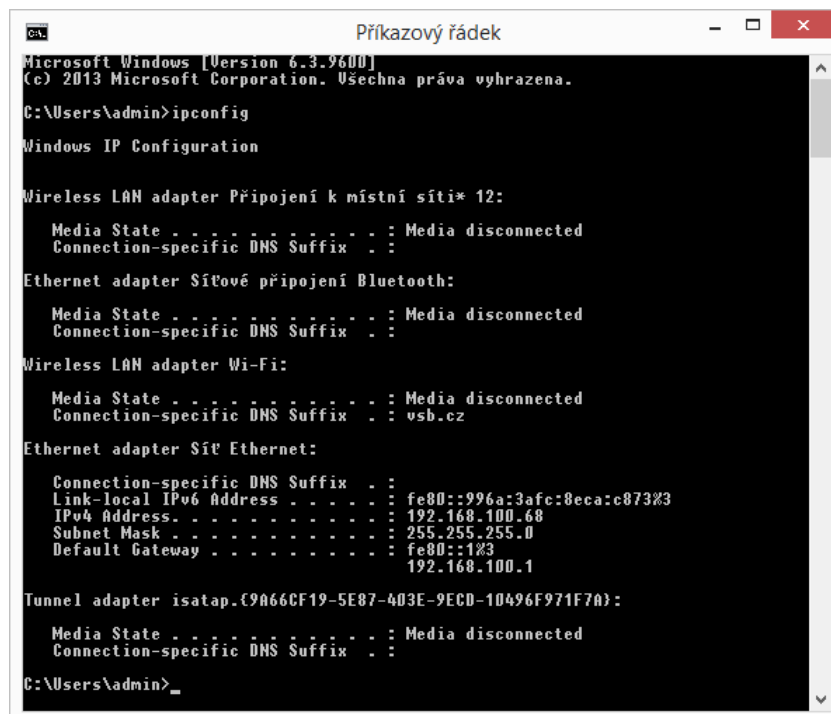
3.6 Nastavení koncového PC

1. Na koncovém PC se nechá zapnuté DHCP (na síťové kartě).



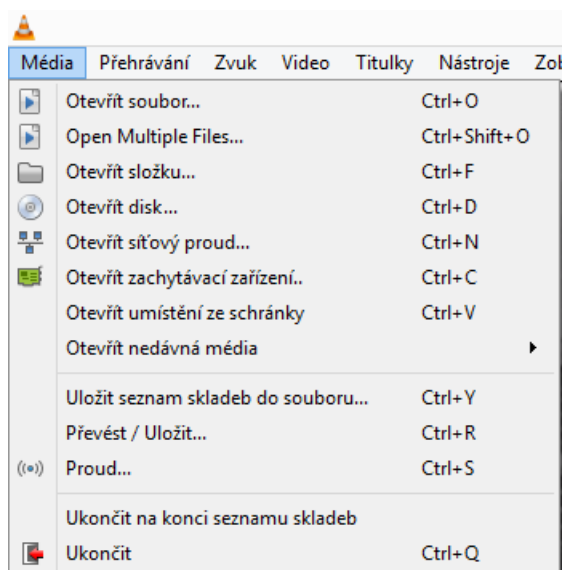
Obrázek 49: Nastavení DHCP na PC

2. Přiřazená IP adresa pomocí DHCP se zkontroluje v CMD (Command Prompt), příkazem *ipconfig*.



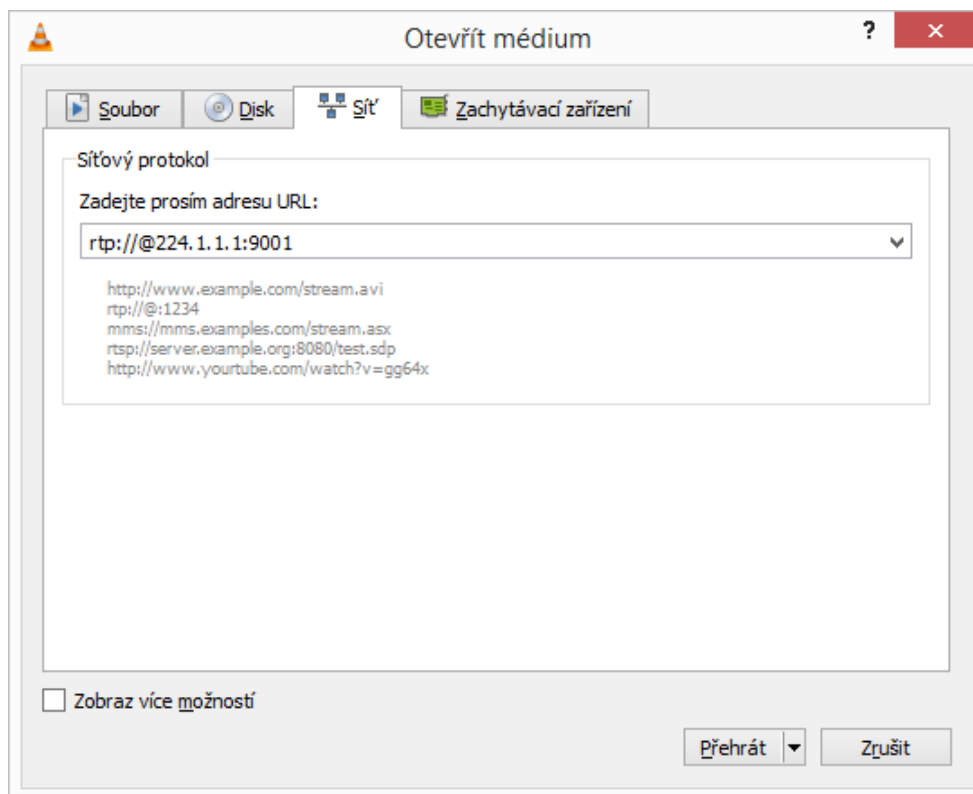
Obrázek 50: Kontrola správně přiřazené IP adresy na PC

3. Spustí se program VLC, kde se kliknutím vlevo nahoře v liště otevře síťový proud.



Obrázek 51: Média VLC

4. V záložce síť je nutné zadat multicast adresu dané stanice a vysílací port.



Obrázek 52: Nastavení síťového proudu ve VLC

5. V tomto případě je zadána multicast adresa 224.1.1.1:9001, která patří stanici ČT1.



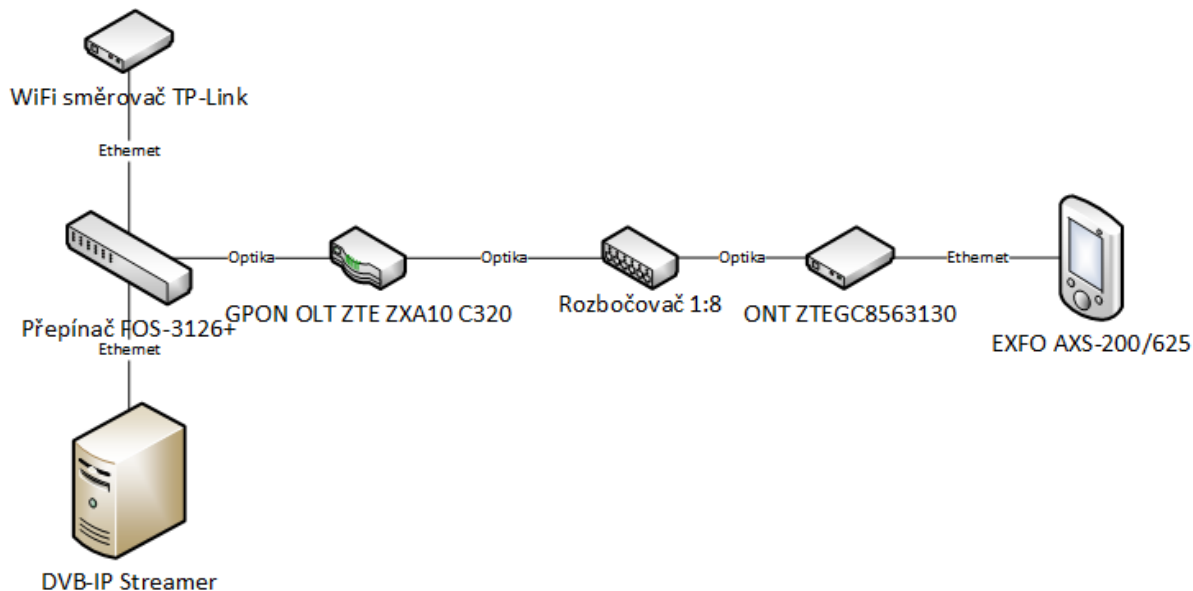
Obrázek 53: Streamovaná ČT1

3.7 Měření QoS služby IPTV bez trasy

Měření bylo provedeno nejprve za použití měřicího zařízení AXS-200/625, se kterým byl testován multicast provoz generován DVB/IP streamerem. Poté byli DVB/IP streamer a AXS-200/625 nahrazeni dvěma PC, přičemž jeden sloužil jako VLC server, který vysílal různé druhy videí, opět za pomoci multicast a druhý PC představoval klienta, který následná videa odchytil a nahrával. Tato videa následně byla porovnána programem MSU Video Quality Measurement Tool.

3.7.1 Topologie s EXFO AXS-200/625

Topologie zůstává téměř stejná s původní. Jediná změna je nahrazení koncového PC měřicím zařízením EXFO AXS-200/625.



Obrázek 54: Topologie zapojení s EXFO AXS-200/625

3.7.2 EXFO AXS-200/625

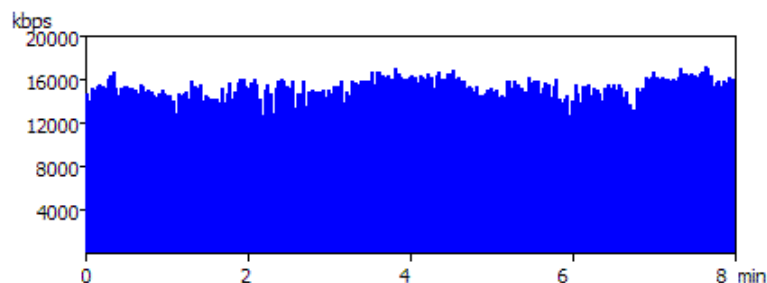
Tento měřicí přístroj slouží k měření kvality služeb u Triple Play služeb, neboli DATA, IPTV a VOIP. V tomto měření byl použit pro testování kvalit u služby IPTV. Byly měřeny hodnoty sestupné rychlosti, ztrátovost paketů, IP jitter, PCR (Program Clock Reference) jitter a DF (Delay Factor).

Konfigurace EXFO AXS-200/625

1. Ethernet kabel se do AXS-200/625 připojí do rozhraní pro WAN.
2. Nastavení zařízení se provádí v *DSL/IP Tests*.
3. Následně v Connection Setup se nastaví v *Selected Profile: Line Mode: Ethernet Access Mode: Routed Ethernet DHCP*
4. Měření se provádí v *IPTV Analysis*, kde by mělo zařízení zhlásit, že dostalo IP adresu z DHCP
5. V záložce *IGMP Monitor*, se konkrétní multicast adresy připojí pomocí *Join*. V tomto případě byly měřeny stanice na adresách: *224.1.1.1*, *224.1.1.2*, *224.1.1.3* a *224.1.1.4*.

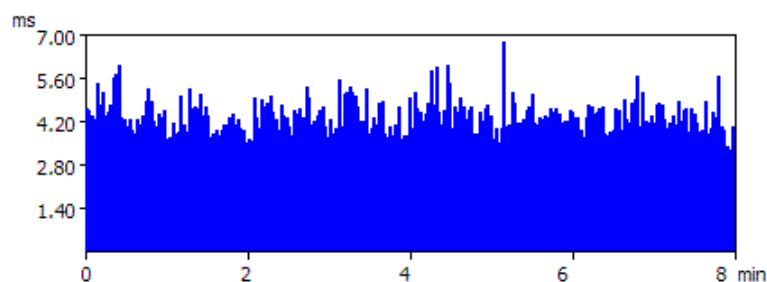
3.7.3 Výsledky měření s EXFO AXS-200/625

Jako první bylo provedeno měření pro 4 vysílací stanice po dobu osmi minut. Tyto stanice využívaly sestupnou rychlosti v průměru 14,63 Mbit/s, kterou si udržovaly.



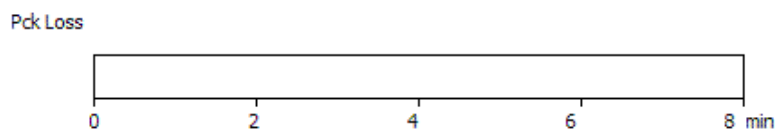
Obrázek 55: Sestupné rychlosti bez trasy

IP jitter což je kolísání velikosti zpoždění paketů při průchodu sítí, byl průměrně 2,78 ms, což splňuje minimální požadavky pro službu IPTV. Nejvyšší změřený IP jitter měl hodnoty 6,77 ms. Tato hodnota je stále velmi příznivá pro službu IPTV.



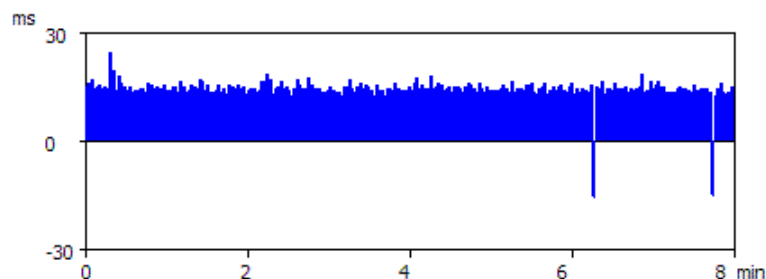
Obrázek 56: IP jitter bez trasy

Ztrátovost paketů byla nulová, kvalita služby v tomto případě byla více než dostatečná.



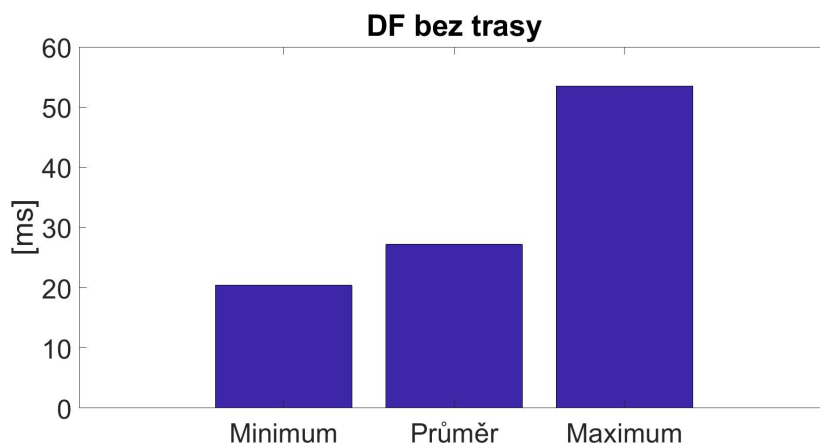
Obrázek 57: Ztrátovost paketů bez trasy

PCR jitter, který představuje hodnotu nepřesnosti transportního toku přijatou dekóděrem, se pohyboval v průměrných hodnotách -0,15 ms, což je také přijatelné. Na grafu viz ?? lze zpozorovat dvě zakolísání, jenž byly způsobeny vyrovnávací pamětí OLT.



Obrázek 58: PCR Jitter bez trasy

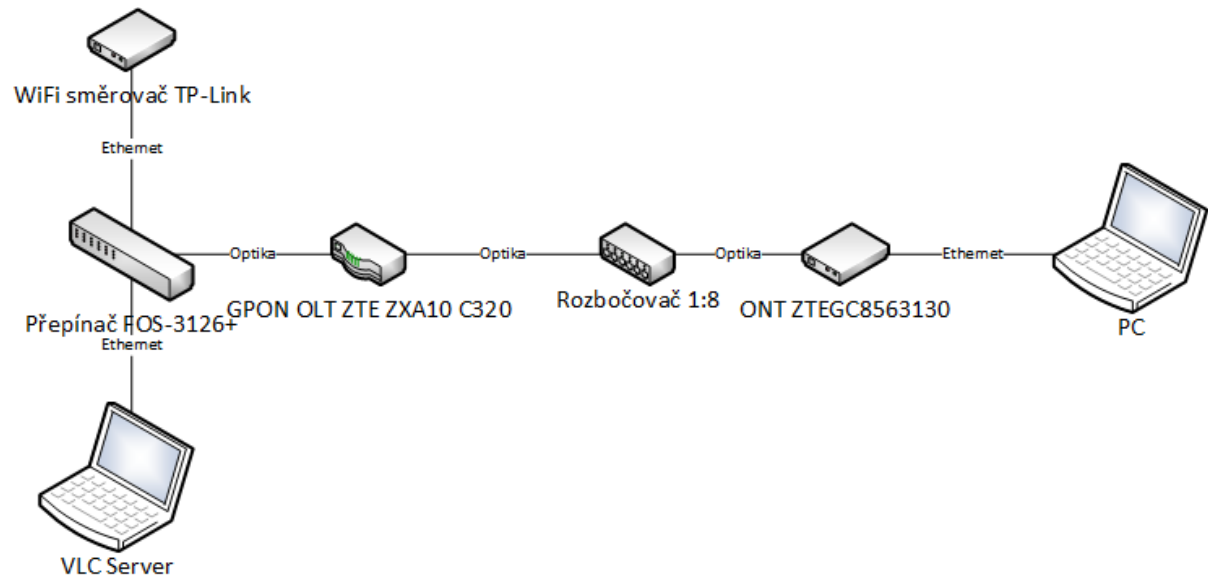
S vyrovnávací pamětí souvisí také naměřené hodnoty parametru DF, jedná se o časovou hodnotu, která udává, kolik milisekund se data musí být schopna ukládat do vyrovnávacích pamětí, aby se eliminovalo časové zkreslení (jitter) a neměla by přesahovat 50 ms. [14] Tato hodnota se pohybovala průměrně okolo 27,2 ms, ale dosáhla i nejvyšší hodnoty 53,5 ms, což způsobilo již zmíněné dvě zakolísání v předešlém grafu.



Obrázek 59: Hodnoty DF bez trasy

3.7.4 Topologie s VLC serverem

Topologie je opět téměř totožná. Pouze DVB/IP streamer byl nahrazen PC, který sloužil jako VLC server vysílající videa multicast provozem za pomoci programu VLC media player.



Obrázek 60: Topologie zapojení

Síť byly poslány 3 formáty videí, každý formát reprezentovala další 3 videa, každé jiné kvality.

Tabulka 3: Tabulka použitých videí

Jméno Video	Formát	Rozlišení
DolbyCanyon	AVI	720x480
Page18-movie-4	AVI	480x270
Video-Sample	AVI	320x240
DolbyCanyon	MKV	720x480
Page18-movie-4	MKV	480x270
P6090053	MKV	320x240
DolbyCanyon	MP4	720x480
Page18-movie-4	MP4	480x270
P6090053	MP4	320x240

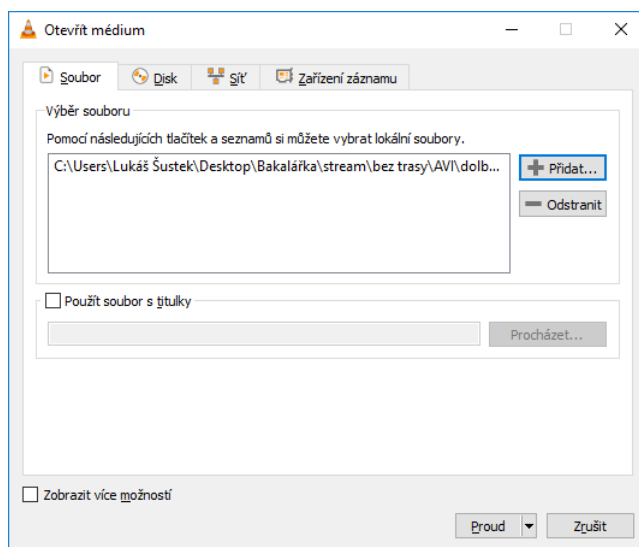
3.7.5 Konfigurace PC pro multicast vysílání a přijímání, použitím VLC media player a měření kvalit pomocí programu MSU

Konfigurace PC klienta je stejná jako u přijímání DVB/IP multicast provozu.

Konfigurace PC VLC serveru

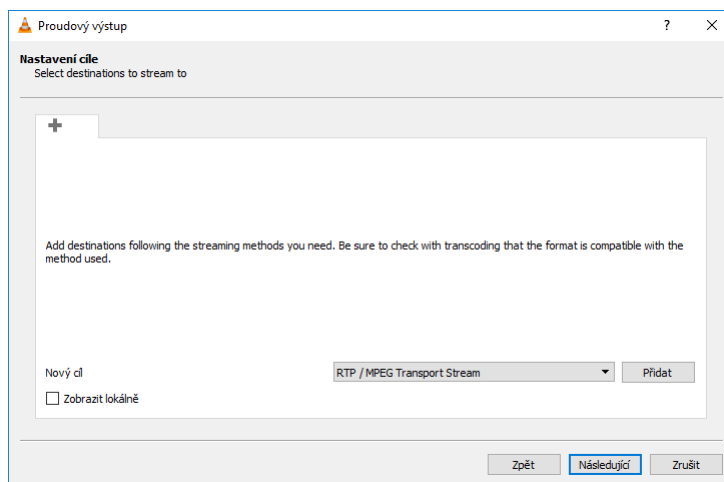
Toto PC opět dostává IP adresu od DHCP serveru.

1. V záložce média se vybere položka *Proud*.
2. Poté se vybere položka *Přidat*, zvolí se video, které se bude vysílat a klikne se na *Proud*.



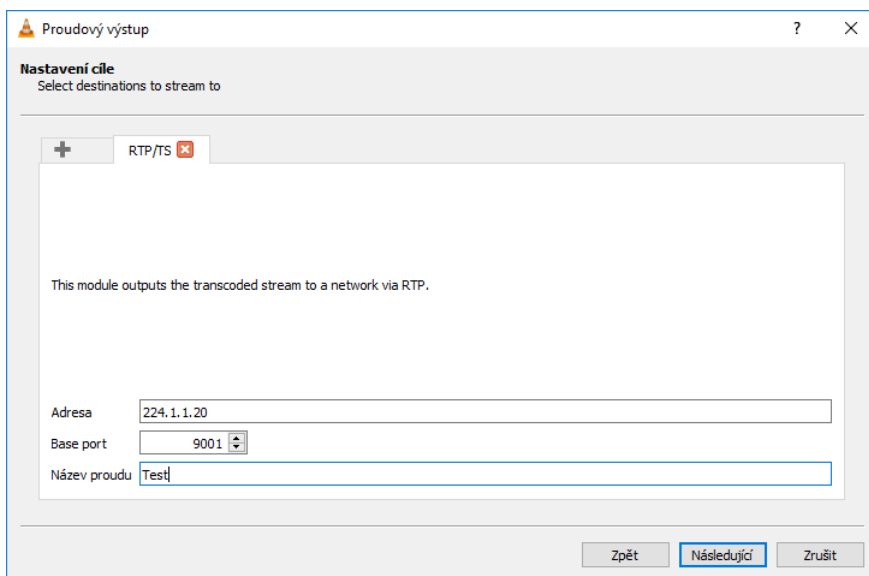
Obrázek 61: Konfigurace proudu VLC serveru

3. Po kliknutí na *Proud* se klikne na *Následující*, v položce *Nový cíl* se vybere *RTP / MPEG Transport Stream* a klikne na *přidat*.



Obrázek 62: Nastavení cíle VLC serveru

4. Zapiše se vysílací multicast adresa, číslo portu a název proudu a klikne opět na *Následující*.

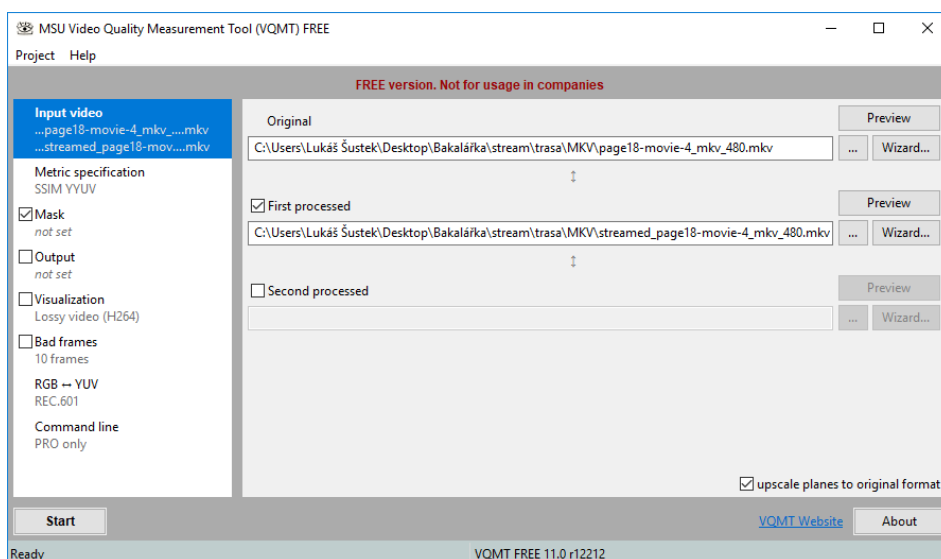


Obrázek 63: Výběr multicast adresy a vysílacího portu VLC serveru

5. V dalším okně se zruší překódování a vybere profil. Znovu se klikne na *Následující* a nakonec na *Proud*.

MSU Video Quality Measurement Tool

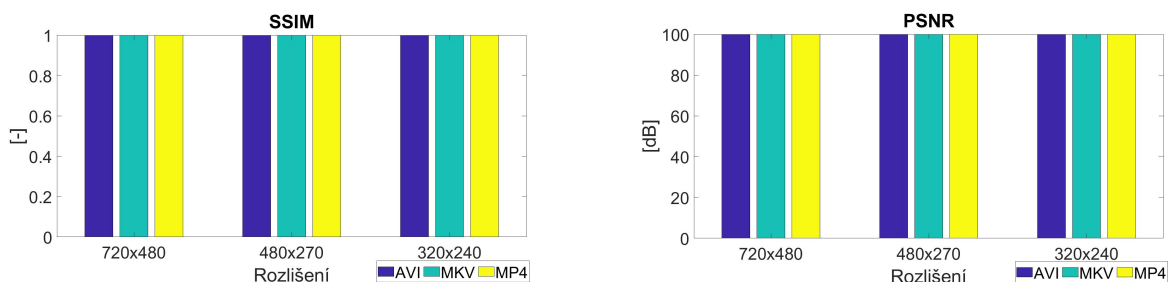
MSU slouží pro objektivní měření kvality dvou videí, čili originálu a jeho kopie. V tomto měření byl použit pro testování vzorků přenesených multicast vysíláním pomocí objektivních metod MSE (Mean Square Error), PSNR (Peak signal-to-nois ratio) a SSIM (Structural similarity index).



Obrázek 64: MSU Video Quality Measurement Tool

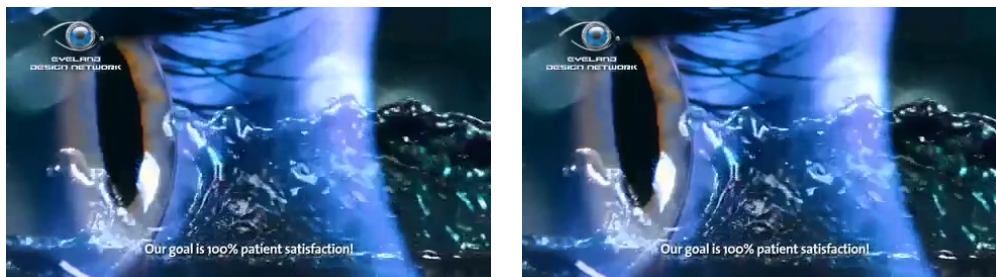
3.7.6 Výsledky měření s VLC serverem

Naměřené hodnoty metod MSE, jenž reprezentuje střední kvadratickou odchylku přijatého videa od původního, PSNR, které znázorňuje nejvyšší hodnotu signálu vůči parametru MSE a SSIM porovnávající podobnost dvou obrázků, byly pokaždé maximální a neměnily se s rozlišením ani formátem videa viz grafy 65. Hodnoty MSE byly pokaždé 0, toto značí nulovou odchylku videí. Jelikož hodnoty byly nulové, grafy v tomto případě nebyly nutné.



Obrázek 65: Vlevo: Hodnoty SSIM bez trasy Vpravo: Hodnoty PSNR bez trasy

Na obrázku 66 lze vidět porovnání snímků originálu a přeneseného videa, vygenerované programem MSU. I pouhým okem lze zpozorovat, že metody správně označily videa jako totožná.



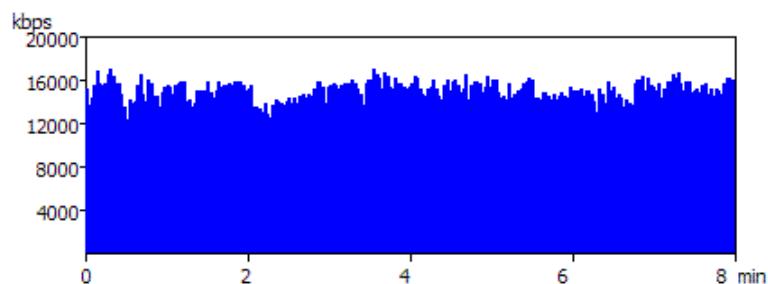
Obrázek 66: Vlevo: Originál Page18-movie-4.mp4 Vpravo: Nahraný stream Page18-movie-4.mp4

3.8 Měření QoS služby IPTV s trasou 7,2 km

Obě topologie zůstávají totožné, akorát byla přidána optická trasa mezi optický rozbočovač a OLT. Tato trasa vykazovala útlum 5,4 dB při vlnové délce 1310 nm, 4,166 dB při 1550 nm a 4,97 dB při 1625 nm.

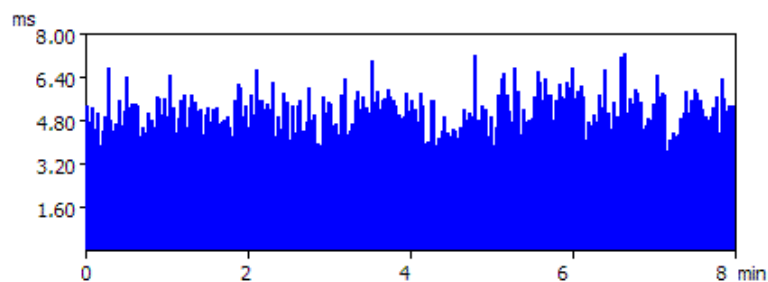
3.8.1 Výsledky měření s EXFO AXS-200/625 a trasou 7,2 km

Po přidání trasy se hodnoty sestupné rychlosti téměř neměnily a držely se okolo hodnoty 15 Mbit/s.



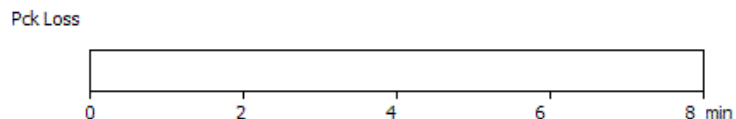
Obrázek 67: Sestupné rychlosti s trasou

IP jitter dosahoval průměrných hodnot 2,96 ms, přičemž nejvyšší naměřená hodnota byla 8,23 ms. Tyto hodnoty jsou opět v přijatelných mezích.



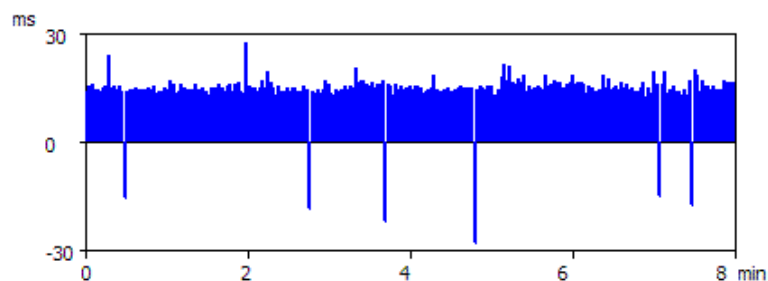
Obrázek 68: IP jitter s trasou

Ztrátovost paketů byla opět nulová, to je způsobeno hlavně tím, že OLT je schopno regulovat svůj provozní výkon a jakmile byla přidána trasa, OLT svůj výkon zvýšilo, tak aby se kvalita přenosu nezměnila.



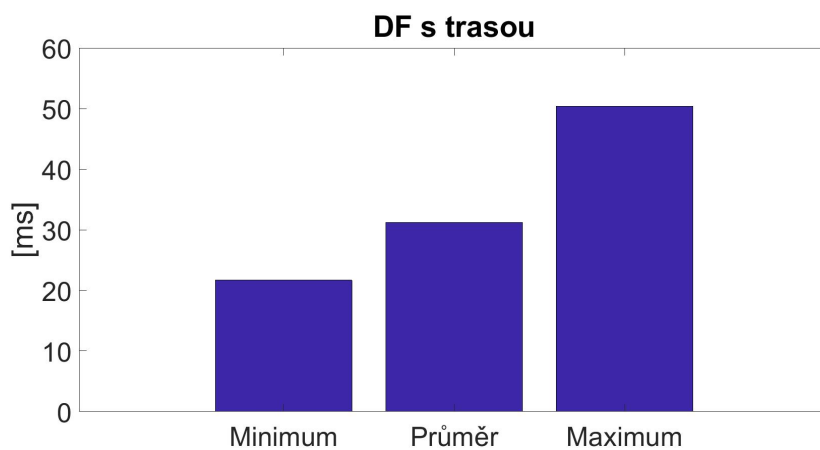
Obrázek 69: Ztrátovost paketů s trasou

PCR jitter byl v tomto případě mírně horší. Průměrná hodnota byla -0,07 ms. Z toho vyplývá, že při použití trasy je nutné, aby OLT zařízení častěji nahrávalo pakety do své vyrovnávací paměti.



Obrázek 70: PCR Jitter s trasou

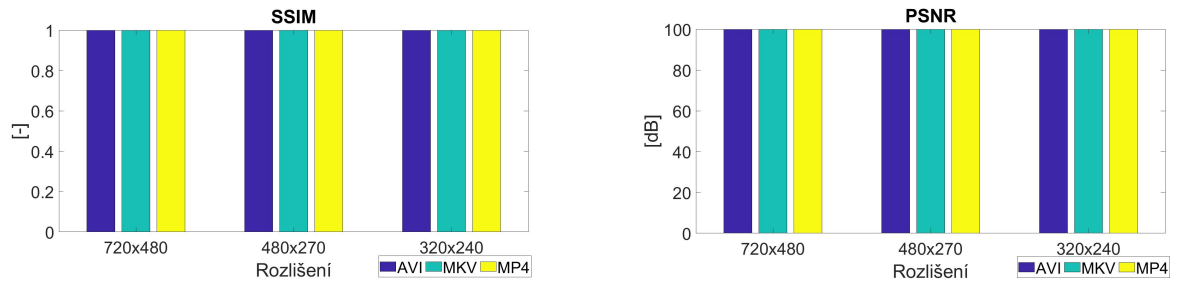
Průměrná hodnota DF byla mírně větší a to 31,2 ms, s maximem v hodnotě 50,4 ms.



Obrázek 71: Hodnoty DF s trasou

3.8.2 Výsledky měření s VLC serverem a trasou 7,2 km

Hodnoty MSU, PSNR a SSIM byly i s trasou opět maximální, tudíž lze vyvodit, že použité rychlosti a kvalita služby, byly i pro tento druh vysílání videa dostačující.



Obrázek 72: Vlevo: Hodnoty SSIM s trasou Vpravo: Hodnoty PSNR s trasou

Při zobrazení jednotlivých snímků pomocí programu MSU, šlo opět určit totožnost originálu a přeneseného videa viz 73.



Obrázek 73: Vlevo: Originál P6090053.mkv Vpravo: Nahraný stream P6090053.mkv

4 Zhodnocení práce z konfigurace GPON a závěr.

Hlavní téma práce byla problematika gigabitových optických sítí, přičemž byl kladen důraz na jejich konfiguraci a na nasazení multimediální služby IPTV.

V první kapitole teoretické části byla popsána technologie GPON, konkrétně její základní prvky, ITU-T standardy, principy přenosu a jeho zabezpečení.

Druhá kapitola se zabývala OLT zařízením ZTE ZXA10 C320, které bylo použito v praktické části. V této kapitole byl vytvořen základní návod pro jeho prvotní konfiguraci, registraci nových ONT a uživatelů, vytvoření nových T-CONT profilů a pro nasazení jednotlivých multimediálních služeb. Jedná se o služby VOIP, DATA (broadband) a IPTV (multicast). Tyto návody byly vytvořeny jak pro konfiguraci skrze příkazový řádek, tak pro nastavení pomocí webového rozhraní Ikarus.

V praktické části bylo vytvořeno laboratorní prostředí představující idealizovanou GPON síť s přepínačem FOS-3126+, který sloužil jako jádro poskytovatele, obsahující jednotlivé služby, konkrétně službu IPTV poskytovanou DVB/IP streamerem, a již zmíněným OLT zařízením od firmy ZTE, které společně s rozbočovačem 1:8 a ONT od stejné firmy představovaly přístupovou síť ke koncovému uživateli. Práce obsahuje kompletní postup konfigurace této sítě a její výsledek, což bylo přehrání jednotlivých vysílacích stanic na koncovém zařízení.

V poslední kapitole byla změřena kvalita služby IPTV, s optickou trasou dlouhou 7,2 km i bez trasy, pomocí zařízení EXFO AXS-200/625, měřící sestupné rychlosti jednotlivých vysílání, jejich IP Jitter, PCR jitter a parametr DF. Test byl uskutečněn pro 4 vysílací stanice zároveň, po dobu osmi minut. Další měření bylo provedeno programem MSU Video Quality Measurement Tool, používající objektivní metody MSE, PSNR a SSIM pro určení kvality přeneseného videa oproti originálu. V tomto případě se jednalo o 3 formáty videí, každý reprezentován třemi vzorky různých kvalit. Výsledky obou měření byly velice příznivé. Všechny hodnoty byly v přijatelných mezích a výsledky získané programem MSU vykazovaly, že přenesená videa byla totožná s jejich originály. Jelikož tato měření byla provedena v prakticky ideálním prostředí, budou tyto výsledky sloužit jako referenční hodnoty pro následující testy, kterými se budu zabírat v mé navazující diplomové práci.

Literatura

- [1] COMPARING IEEE EPON FSAN/ITU-T GPON FAMILY OF TECHNOLOGIES [online]. In: EMMENDORFER, Michael. ARRIS Enterprises, 2014, s. 1-38. Dostupné z: https://www.arris.com/globalassets/resources/white-papers/arris_comparing_ieeee_pon_and_fsan_wp.pdf
- [2] CALE, Ivica, Aida SALIHOVIC a Matija IVEKOVIC. Gigabit Passive Optical Network - GPON. In: 2007 29th International Conference on Information Technology Interfaces [online]. IEEE, 2007, 2007, s. 679-684. DOI: 10.1109/ITI.2007.4283853. ISBN 953-7138-09-7. ISSN 1330-1012. Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/document/4283853/>
- [3] ALTAHIR, HIBA ALTAHIR ALAMEEN. PERFORMANCE EVALUATION OF GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK (GPON) ACCESS TECHNOLOGY. 2017. A REPORT SUBMITTED TO University Of Khartoum. Vedoucí práce Dr. Mohammed Ali Abbass.
- [4] LIPPIS, Nicholas John. GPON vs. Gigabit Ethernet in Campus Networking [online]. Lippis Consulting, 2012. Dostupné z: https://www.cisco.com/c/dam/en_us/solutions/industries/docs/gov/gpon_paper.pdf
- [5] BHATIA, Baneet Kaur a Er. Manjit SINGH. Design and Simulation of GPON networks over different FBG techniques. IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering [online]. 2017, 12(03), 47-52. DOI: 10.9790/2834-1203034752. ISSN 22788735. Dostupné z: <http://www.iosrjournals.org/iosr-jece/papers/Vol.%2012%20Issue%203/Version-3/G1203034752.pdf>
- [6] FTTH - GPON. Tutorials Point [online]. 2018. Dostupné z: https://www.tutorialspoint.com/ftth/ftth_gpon.htm
- [7] ITU-T, 2005, Recommendation G.984.1 Gigabit-capable Passive Optical Networks - General Characteristics [online]. Dostupné z: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1/en>
- [8] ITU-T, 2003, Recommendation G.984.2 Gigabit-capable Passive Optical Networks - Physical Media Dependent (PMD) layer specification [online]. Dostupné z: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.2/en>
- [9] ITU-T, 2008, Recommendation G.984.3 Gigabit-capable Passive Optical Networks - Transmission convergence layer specification [online]. Dostupné z: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.3/en>
- [10] ITU-T, 2008, Recommendation G.984.4 Gigabit-capable Passive Optical Networks - ONT management and control interface specification [online]. Dostupné z: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.4/en>

- [11] ZXA10 C320 Optical Access Convergence Equipment Product Description. No. 55, Hi-tech Road South, ShenZhen, P.R.China, Postcode: 518057: ZTE CORPORATION, 2013.
- [12] ZXA10 C320 Optical Access Convergence Equipment Configuration Manual (CLI). No. 55, Hi-tech Road South, ShenZhen, P.R.China Postcode: 518057: ZTE CORPORATION, 2013.
- [13] IKARUS Network Management System. Prague: OFA proprietary and confidential, 2017.
- [14] Media Delivery Index Monitoring and Troubleshooting Streaming Media Delivery [online]. INEOQUEST TECHNOLOGIES [cit. 2019-04-18]. Dostupné z: https://www.telestream.net/pdfs/iq/white-papers/MDI_White_Paper.pdf